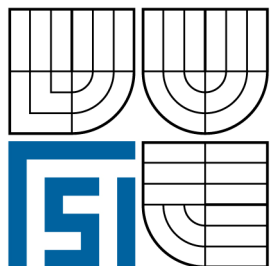


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

RACIONALIZAČNÍ PROJEKT VÝROBY VZDUCHOVÝCH FILTRŮ

RATIONALIZATION PROJECT OF AIR-FILTERS PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VOJTĚCH BUĎA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Vojtěch Bud'a

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Racionalizační projekt výroby vzduchových filtrů

v anglickém jazyce:

Rationalization project of air-filters production

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární studii (řešerši) k problematice zadané výroby a studii z oblasti technologického projektování.
2. Proved'te popis a hodnocení současného stavu výroby a stávajícího uspořádání pracoviště.
3. Na základě analýzy a kapacitních propočtů zpracujte variantní návrhy racionalizace daného pracoviště a proved'te výběr optimální varianty projektového řešení.
4. Vybranou variantu rozpracujte do podoby technologického projektu, dokumentovaného rozbořem kapacit, rozmístěním strojů a zařízení a příslušnými materiálovými toky.
5. Proved'te rozbor projektu z pohledu optimalizace a racionalizace a zpracujte jeho technicko - ekonomické zhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Řešením základních bodů zadání, zahrnujících mimo studii i rozbor problematiky, návrh způsobů řešení s výběrem optimální varianty a jejím zpracováním a ekonomickým posouzením budou prověřeny nejen odborné znalosti studenta, ale i jeho schopnosti dobré profesní orientace při řešení zadaného úkolu z průmyslové praxe.

Seznam odborné literatury:

Odborná literatura z oblasti technologického projektování

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Brno: VUT – FSI . 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4

DVOŘÁK, Milan.,GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření (Plošné a objemové tváření). Brno: VUT – FSI. 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI .1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI . 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: VUT – FSI .1992.186 s. ISBN 80-214-0401-9

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT – FSI.1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů. Brno: VUT – FSI. 1987. 201 s.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. Bratislava: Alfa. 1990. 399 s. ISBN 80-05-00103-7

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno: VUT – FSI.1996. 261 s. ISBN 80-85967-95-8

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá racionalizací pracoviště pro výrobu vzduchových a palivových filtrů ve společnosti MANN - HUMMEL (CZ) s.r.o., která povede ke snížení rozpracovanosti a navrhnutí optimální směnné výrobní dávky na základě naměřených a vyhodnocených časů jednotlivých výrobních operací. Součástí práce je návrh dispozičních řešení pracoviště s výběrem optimální varianty, která zajistí zkrácení a zpřehlednění toku materiálu výrobou.

Klíčová slova

Racionalizace, filtr, technologické projektování, dispoziční řešení pracoviště, kapacitní propočet.

ABSTRACT

This thesis deals with rationalization layout of air and fuel filters production in the company MANN-HUMMEL (CZ) s.r.o., which ensures minimization of work in process and design optimal load of production on the basis measured and analyzed times operations of production. Part of thesis is the design layouts of workplace with selection of optimal variation which provides shortening and better overview on flow of material production.

Key words

Rationalization, filter, technological project, layout of workplace, calculation of capacity.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUĎA, Vojtěch. *Racionalizační projekt výroby vzduchových filtrů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 65 s., 21 příloh. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Racionalizační projekt výroby vzduchových filtrů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

17. 5. 2011

.....

Vojtěch Buďa

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Pavlu Rumíškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Můj velký dík patří také oddělení technického plánování firmy MANN+HUMMEL (CZ), a to panu Zdeňku Vytiskovi, panu Ing. Karlu Dudrovi a také dalším zaměstnancům firmy, bez kterých by tato práce rovněž nemohla vzniknout. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu v průběhu celého mého studia.

OBSAH

| | |
|--|----|
| Abstrakt..... | 4 |
| Prohlášení..... | 5 |
| Poděkování..... | 6 |
| Obsah | 7 |
| 1. Úvod | 9 |
| 2. Vstup do problematiky a hodnocení současného stavu..... | 10 |
| 2.1 Představení společnosti MANN+HUMMEL | 10 |
| 2.1.1 Historie podniku | 11 |
| 2.2 Zhodnocení sortimentu a současného stavu výroby..... | 12 |
| 2.2.1 Technologie výroby a montáže filtrů..... | 12 |
| 2.2.1.1 Princip ultrazvukového svařování plastů | 19 |
| 2.2.2 Výchozí sortiment | 21 |
| 2.2.3 Hodnocení nutnosti racionalizace | 21 |
| 3. Literární studie..... | 23 |
| 3.1 Problematika racionalizace..... | 23 |
| 3.1.1 Podstata a cíle racionalizace | 23 |
| 3.1.2 Základní nástroje racionalizace | 24 |
| 3.1.3 Základní postupy racionalizace | 24 |
| 3.2 Problematika vzduchových a palivových filtrů..... | 25 |
| 3.2.1 Filtrace nečistot | 25 |
| 3.2.2 Vzduchová filtrace | 26 |
| 3.2.3 Palivová filtrace | 26 |
| 3.2.3.1 Vlastnosti filtračního materiálu..... | 27 |
| 3.2.3.2 Typy palivových filtrů | 27 |
| 3.3 Problematika technologického projektování | 30 |
| 3.3.1 Rozborové metody..... | 30 |
| 3.3.1.1 Grafické a grafoanalytické prostředky rozborů a hodnocení .. | 31 |
| 3.3.1.1.1 P-Q diagramy | 32 |
| 3.3.1.1.2 Šachovnicová tabulka | 34 |
| 3.3.1.1.3 Sankeyův diagram | 35 |
| 3.3.1.1.4 Pevnostní vazby a vztahy mezi pracovišti | 36 |

| | |
|---|----|
| 4. Výběr optimální varianty řešení a návrhy racionalizace..... | 38 |
| 4.1 Výběr reprezentantů | 38 |
| 4.2 Měření výrobních časů jednotlivých operací a jejich vyhodnocení..... | 41 |
| 4.2.1 Použité vzorce při výpočtu kapacitních možností výrobních operací | 42 |
| 4.3 Hodnocení naměřených časů výrobních operací | 45 |
| 4.4 Variantní návrhy racionalizace daného pracoviště | 46 |
| 4.4.1 Varianta A | 46 |
| 4.4.2 Varianta B | 47 |
| 4.4.3 Varianta C | 48 |
| 4.5 Výběr optimální varianty | 49 |
| 4.5.1 Váhové hodnocení | 49 |
| 5. Rozpracování optimální varianty projektového řešení | 51 |
| 6. Technicko – ekonomické zhodnocení..... | 53 |
| 6.1 Kapacitní propočet..... | 53 |
| 6.2 Způsoby výrobních dávek..... | 57 |
| 7. Závěr | 59 |
| Seznam použitých zdrojů..... | 61 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 63 |
| Seznam příloh..... | 65 |

1. ÚVOD

Neustálý rozvoj výrobních organizací není možno zabezpečit bez kvalitativních změn. Na racionalizaci jsou kladeny čím dál větší a náročnější požadavky. Jsou hledány možnosti, které by vedly ke zvýšení efektivnosti pracoviště, kanceláře, závodu, podniku či celého výrobního systému. Racionalizaci tedy můžeme chápat jako zdokonalování stávajícího stavu.

K sepsání této práce mě vedla myšlenka dozvědět se něco více o dané problematice. Z tohoto důvodu jsem si vybral téma racionalizace výroby ve firmě, která se nachází nedaleko mého trvalého bydliště. K bližšímu seznámení s touto problematikou jsem měl možnost absolvovat letní brigádu v podniku a poznat tak některé zákonitosti spojené s výrobou.

Diplomová práce nazvaná Racionalizační projekt výroby vzduchových filtrů se zabývá optimalizací pracoviště ve firmě MANN+HUMMEL (CZ) zejména z hlediska korektivní racionalizace, která je uskutečňována v existujících podmínkách technického vybavení výrobních procesů při dané technologii výrobního procesu. Po pojednání o současném stavu výroby, racionalizačním opatření, problematice filtrů a rozborových metodách se budu věnovat analýze vybraného pracoviště ve firmě. Na základě analýzy vypracuji projekt, který povede ke zvýšení efektivnosti výroby filtrů a zároveň ke snížení rozpracovanosti výroby.

2. VSTUP DO PROBLEMATIKY A HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

2.1 Představení společnosti MANN+HUMMEL



Vzhledem k tomu, že mi společnost MANN+HUMMEL umožnila vykonat diplomovou práci v jejím zázemí, uznal jsem za vhodné bližší představení firmy.

Společnost MANN+HUMMEL (CZ) s.r.o., která se v roce 1998 stala 100 % vlastnictvím německého koncernu MANN+HUMMEL GmbH, zaujímá přední místo ve výrobě a vývoji filtrů pro automobilový a strojní průmysl. V roce 2009 společnost zaměstnala ve 41 pobočkách po celém světě takřka 12tisíc zaměstnanců a dosáhla obrátu 1,67 miliard Euro. Do produktového portfolia společnosti pro automobilový průmysl patří mimo jiné vzduchové a kapalinové filtrační systémy, kabinové filtry, sací moduly, plastová víka hlavy válce, filtrační vložky pro údržbu a servis vozidel apod. Produktové portfolio výrobků a technologií pro strojírenský průmysl zahrnuje průmyslové filtry, membránové filtry pro vodní filtraci, filtrační zařízení, přístroje pro manipulaci s materiály, dále technologie pro snížení emisí výfukových sazí pro dieselové motory apod. ^[10]

V České republice zastupují koncern MANN+HUMMEL dvě sesterské společnosti:

- výrobní závod s více než patnáctiletou tradicí a od roku 2007 též centrum strategických služeb, se společným sídlem v Nové Vsi na Třebíčsku.
- V Brně je pak provozována vývojová a konstrukční kancelář (Service).

Obě sesterské společnosti spolu velice úzce spolupracují a i přes organizační rozdělení, místo působení a odlišnou pracovní náplň navenek vykazují jednotnou image, společnou strategii a zůstávají tak stále jedním týmem. V závodu v Nové Vsi se vyrábějí vzduchové a kapalinové filtry pro automobilový a strojní průmysl a také filtrační vložky pro nezávislý trh s

náhradními díly vlastní značky. MANN+HUMMEL v Nové Vsi vyrábí přibližně 20 milionů filtrů ročně a zajišťuje odbyt výrobků na regionálních trzích. MANN+HUMMEL Service v Brně poskytuje sesterským společnostem klíčové služby v oblasti účetnictví, vývoje a konstrukce filtrační techniky, informačních technologií a zajišťuje spolupráci s ostatními pobočkami na úrovni mezinárodního nákupu a prodeje. V současné době obě společnosti dohromady zaměstnávají v České republice více než 900 zaměstnanců. ^[10]

2.1.1 Historie podniku

| | |
|------|---|
| 1960 | vznik tradice výroby filtračních vložek pro traktory a nákladní automobily |
| 1963 | zavedení výroby vzduchových filtrů |
| 1993 | dohoda partnerů JIP Jihlavské papírny a.s. a FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH - vznik společného podniku MANN FILTR JIPAP s.r.o.; modernizace vzduchové a olejové linky |
| 1994 | převzetí výroby filtrů pro vývěvy z Německa a bavlněné části PF-patron od firmy MERZ; certifikace podle normy ISO 9001 |
| 1995 | ocenění v soutěži "Cena České republiky za jakost" |
| 1997 | výstavba nového areálu společnosti v Nové Vsi |
| 1998 | 100% účast koncernu MANN+HUMMEL v podniku; zabezpečení jakosti dle VDA 6.1, QS 9000 |
| 1999 | změna názvu firmy MANN+HUMMEL (CZ) s.r.o. |
| 2000 | modernizace vzduchové linky - výroba panelových vzduchových filtrů; kompletní výroba PF-patron; výroba olejového modulu pro tříválcové motory VW/Škoda; vybudování environmentálního systému řízení dle ISO 14001 |
| 2001 | výroba vinutých filtrů pro firmu Bosch; výroba palivových filtrů pro BMW a Daimler-Chrysler |
| 2002 | výstavba nové výrobní haly pro výrobu palivových a olejových čističů |
| 2006 | zahájení výstavby dvou nových výrobních hal a haly logistického centra |
| 2007 | zahájení provozu nových hal; založení sesterské společnosti MANN+HUMMEL Service s.r.o.; otevření vývojové a konstrukční kanceláře v Brně |

Tab. 2.1 Historie společnosti MANN+HUMMEL ^{podle [11]}

2.2 Zhodnocení sortimentu a současného stavu výroby

2.2.1 Technologie výroby a montáže filtrů

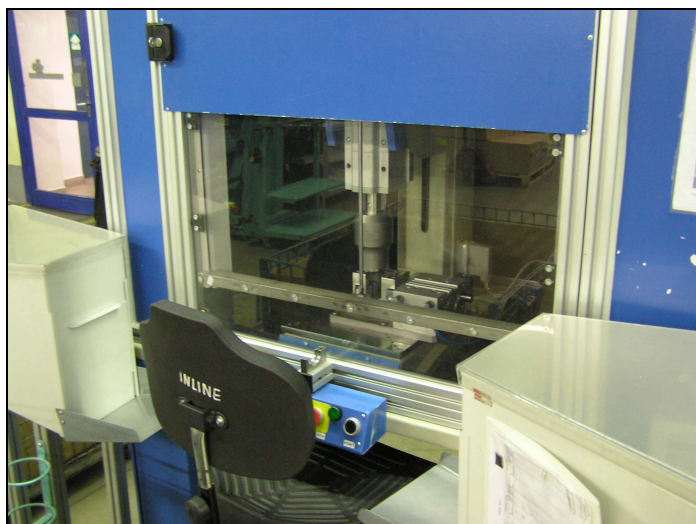
Současná výroba filtrů na optimalizovaném pracovišti výrobní haly B představuje složitější tok materiálu k finálnímu výrobku, připraveného k expedici. Jelikož se na tomto pracovišti vyrábí takřka tři desítky různých vzduchových a palivových filtrů, je velice obtížné naplánovat a dosáhnout plynulé a kompletní výroby daného filtru. Vzhledem k tomu, že není možné se z důvodu návaznosti plánovaného objemu výroby jednotlivých typů a druhů filtrů zaměřit pouze na výrobu jednoho typu filtru, bylo nutné pro racionalizaci pracoviště oproti zadání uvažovat jak s výrobou filtrů vzduchových, tak i palivových. Často se stává, že určité stanovené množství vyráběného typu filtru není kompletně vyhotoveno za jednu pracovní směnu a musí být tudíž odloženo na pracovišti na mezisklad, kde ale zabírá zbytečné místo. Je tomu tak z toho důvodu, že jednotlivé operace mají různé maximální výrobní kapacity filtrů (např. filtr WK 21 MANN, operace svařování – 4.500ks/směnu, zkouška těsnosti – 3.800ks/směnu). To je jeden z hlavních důvodů, proč se zaměřuji na optimalizaci tohoto pracoviště, tedy za účelem zredukování rozpracovanosti výroby.



Obr. 2.1 Svářečka 755 05 (výroba filtrů typu WK 21)

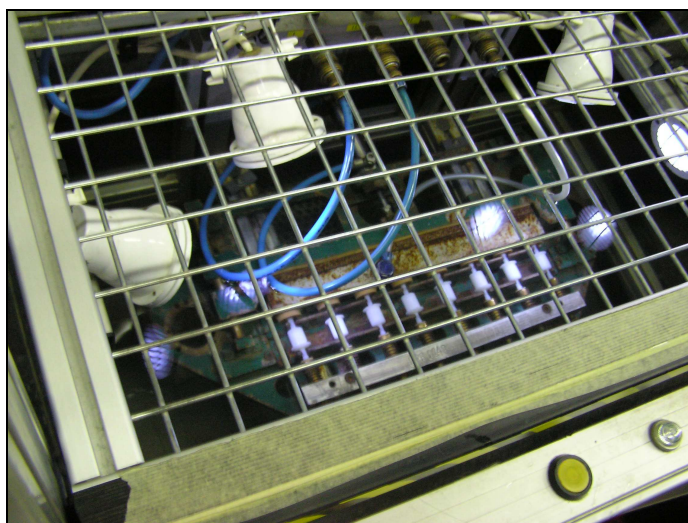
Pracoviště, které je obsluhováno čtyřmi pracovníky, je situováno v levém dolním rohu výrobní haly a zabírá přibližně 200 m² plochy. Stroje jsou z větší

části rozmístěny podle volného uspořádání. Ihned zkraje je umístěna vysokofrekvenční svářečka, na které se vyrábí především filtry typu WK 21. Ultrazvuková svářečka je umístěna vedle stroje na zkoušení filtrů pod vodou a právě zmíněné svářečky. Na této svářečce se svařují především filtry typu C52 (VOLVO, BMW).



Obr. 2.2 Ultrazvuková svářečka 755 07 (C 52 VOLVO, BMW)

Zkoušení ve vodě se provádí v přípravku po čtyřech nebo osmi filtrech po dobu 20 vteřin a zjišťuje se případný únik vzduchu a tedy špatně zavařený spoj filtru. Následně ve větším množství jsou filtry vloženy do sušičky, kde jsou vysušeny a poté přepraveny na následnou operaci balení.

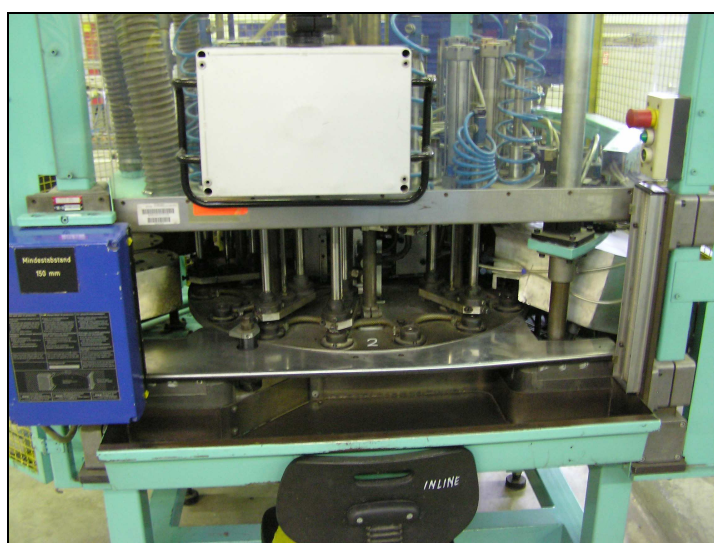


Obr. 2.3 Zkoušení těsnosti filtrů pod vodou (WK 21)



Obr. 2.4 Sušení filtrů (WK 21)

Jednotlivé typy filtrů se balí odlišným způsobem a v odlišném množství. Některé se balí i samostatně do krabic a některé se i jednotlivě značí, tudíž přibývá ještě jedna operace – potisk. Dalším zařízením, které se vyskytuje na pracovišti, je zrcadlová svářečka. Pomocí této svářečky se vyrábí patrony do filtrů typu WK 32 při teplotě 600°C a to tak, že spodní část tělesa je vložena do přípravku zrcadlové svářečky a do horní části přípravku se vloží náboj se složeným papírem o daném počtu skladů. Za působení tlakové síly a teploty je patrona zapečena.

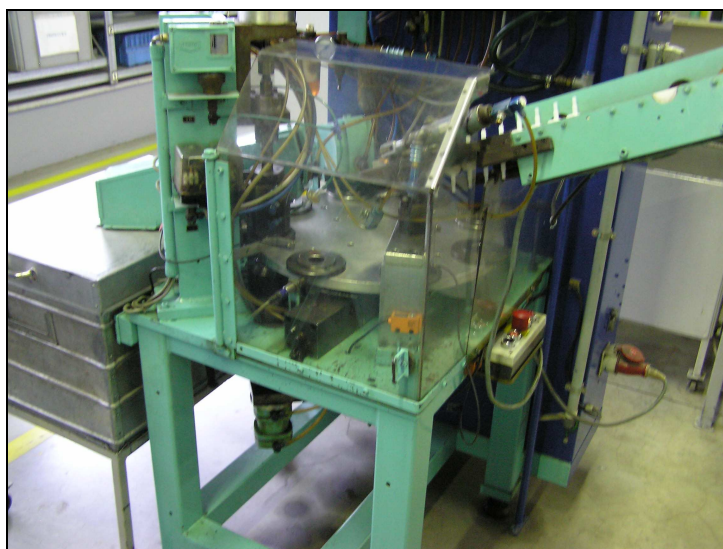


Obr. 2.5 Zrcadlová svářečka 757 05 (patrona WK 32)

Za zrcadlovou svářečkou se nachází další svářečka, na kterou navazuje zařízení na zkoušku vzduchové těsnosti filtrů. Tyto svařené filtry (WK 31/2) jsou sem přepraveny pomocí dopravníku ze zásobníku svařených filtrů.



Obr. 2.6 Svářečka 755 04 (WK 31/2)



Obr. 2.7 Zkoušení vzduchové těsnosti (WK 31/2)

Na každém pracovišti se musí samozřejmě vyskytovat plocha pro seřizovače. Není tomu jinak i tady. Zde nalezneme potřebné pomůcky, nástroje, ale také veškerou dokumentaci k výrobě filtrů (např. pracovní postupy).



Obr. 2.8 Plocha seřizovače

Za plochou seřizovače se nachází zásoba materiálu pro výrobu INLINE filtrů. Ze skladu jsou sem v bednách dopraveny části těles filtrů, víčka či zhotovené patrony potřebné pro výrobu.



Obr. 2.9 Zásoba materiálu pro výrobu INLINE filtrů

Dále je zde situována další svářečka, na které se vyrábí především filtry typu HELLA. Jsou to filtry obsahující membránu, které se uplatňují v reflektorech apod. Nalezneme zde také dvě skládací zařízení, přičemž na prvním se vyrábí patrony do filtrů WK 31/2 a to tím způsobem, že KLEBEFOLIE je odvíjena ze stojanu, následně vysekávána a dávkována do připravených víček, odkud

putuje po dopravníku dále. Synchronně s odvíjením fólie se také opodál odvíjí papír, který je ražen a skládán do příslušného tvaru a následně pomocí manipulátoru přesně vložen do pohybujících se víček s fólií. Takto vytvořená patrona dále putuje do karuselu o teplotě 200°C, kde je zapečena a připravena k dalšímu zpracování vedoucím ke zhotovení kompletního filtru.



Obr. 2.10 Skládací zařízení (patrony WK 31/2)

Na druhém skládacím zařízení se zhotovují formy se složeným papírem a to podobným způsobem jako u předešlého zařízení. Papír je odvíjen ze stojanu, vysekáván a skládán do již zmíněné formy. Tyto formy s papírem jsou v další operaci dávkovány do zrcadlové svářečky, popsané výše. Pomocí druhé ultrazvukové svářečky, která je situována za skládacím zařízením, se svařují filtry typu WK 31/5. Pod ní je umístěn stůl na balení, na němž se provádí veškeré balící operace filtrů v požadovaném množství na expedici. S touto operací úzce souvisí počítačové zařízení. Mnoho druhů filtrů se nebalí samostatně, ale do sáčků v příslušném počtu kusů daným dodavatelskými smlouvami. K tomu slouží počítačové zařízení, které napočítá přesný počet kusů. Poté jsou filtry kontrolovány, případně na nich odstraněny otřepy, následně zabaleny, zasponkovány, vloženy do krabic, označeny a připraveny k expedici. Poslední místo zaujímá zařízení pro značení filtrů a zkušební stůl. Zde jsou namátkově vybrány různé filtry a je zkoušena jejich těsnost při určitém tlaku.



Obr. 2.11 Značení filtrů



Obr. 2.12 Zkušební stůl

Na následujících obrázcích jsou zachyceny pohledy na pracoviště z různých stran. Samotné schéma současného uspořádání pracoviště je uvedeno jako příloha 1.



Obr. 2.13 Pohled na levou část pracoviště



Obr. 2.14 Pohled do zadní části pracoviště



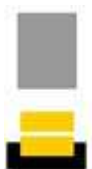
Obr. 2.15, 2.16 Rozpracovanost výroby

Jelikož ultrazvukové svařování patří k hlavním pilířům výroby INLINE filtrů, je dále krátce popsán princip ultrazvukového svařování.

2.2.1.1 Princip ultrazvukového svařování plastů

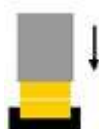
Ke svařování plastů dochází pomocí ultrazvuku, kde vlastní svařování je realizováno teplem, které vzniká z vysokofrekvenčních mechanických kmitů. Nejprve je však nutná změna elektrické energie na vysokofrekvenční mechanický pohyb. Tento mechanický pohyb spolu s působící silou vytváří

frikční teplo na rozhraní spojovaných součástí (svarová plocha). Plastický materiál taje a tvoří tak molekulový svar mezi částmi. Na následujících obrázcích je popsán základní princip ultrazvukového svařování:



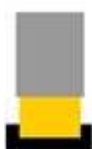
Fáze 1: Upnutí jednotlivých částí do lůžka

Dva spojované termoplasty jsou umístěny jeden na druhý do tzv. lůžka.



Fáze 2: Kontakt se sonotrodou

Dochází ke kontaktu horního termoplastu se sonotrodou, která je vyráběna v titanovém, ocelovém nebo hliníkovém provedení.



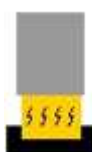
Fáze 3: Působení tlaku

Požadovaný tlak působí na obě spojované součásti proti lůžku.



Fáze 4: Svařovací cyklus

Svařovací cyklus je děj, při kterém sonotroda vertikálně vibruje s frekvencí 15÷75 kHz/s v daném časovém intervalu a ve vzdálenostech měřených v mikronech. Vibrační mechanická energie je koncentrována na dotykové plochy mezi dvěma částmi a je přenášena skrz termoplastické materiály na rozhraní součástí (svarová plocha), kde vytváří frikční teplo. Když teplota na rozhraní spojovaných dílů dosáhne bodu tání, plast taje, následně teče a kmitání se zastaví. To umožní roztavenému plastu začít chladnout.



Fáze 5: Přítlačný cyklus

Zatímco roztavený plast chladne a tuhne, je udržováno sevření součástí tak, aby došlo ke spojení. Zlepšení pevnosti a neprodyšnosti svaru může být dosaženo použitím vyšší přítlačné síly během cyklu - použitím dvojitého tlaku.



Fáze 6: Vrácení sonotrody do původní polohy

Jakmile dojde ke ztuhnutí spojených plastů, sevření povolí a sonotroda je stažena zpět do původní polohy. Obě části jsou v tomto okamžiku spojeny a z lůžka jsou vyjmuty jako jedna součást. ^[3]

2.2.2 Výchozí sortiment

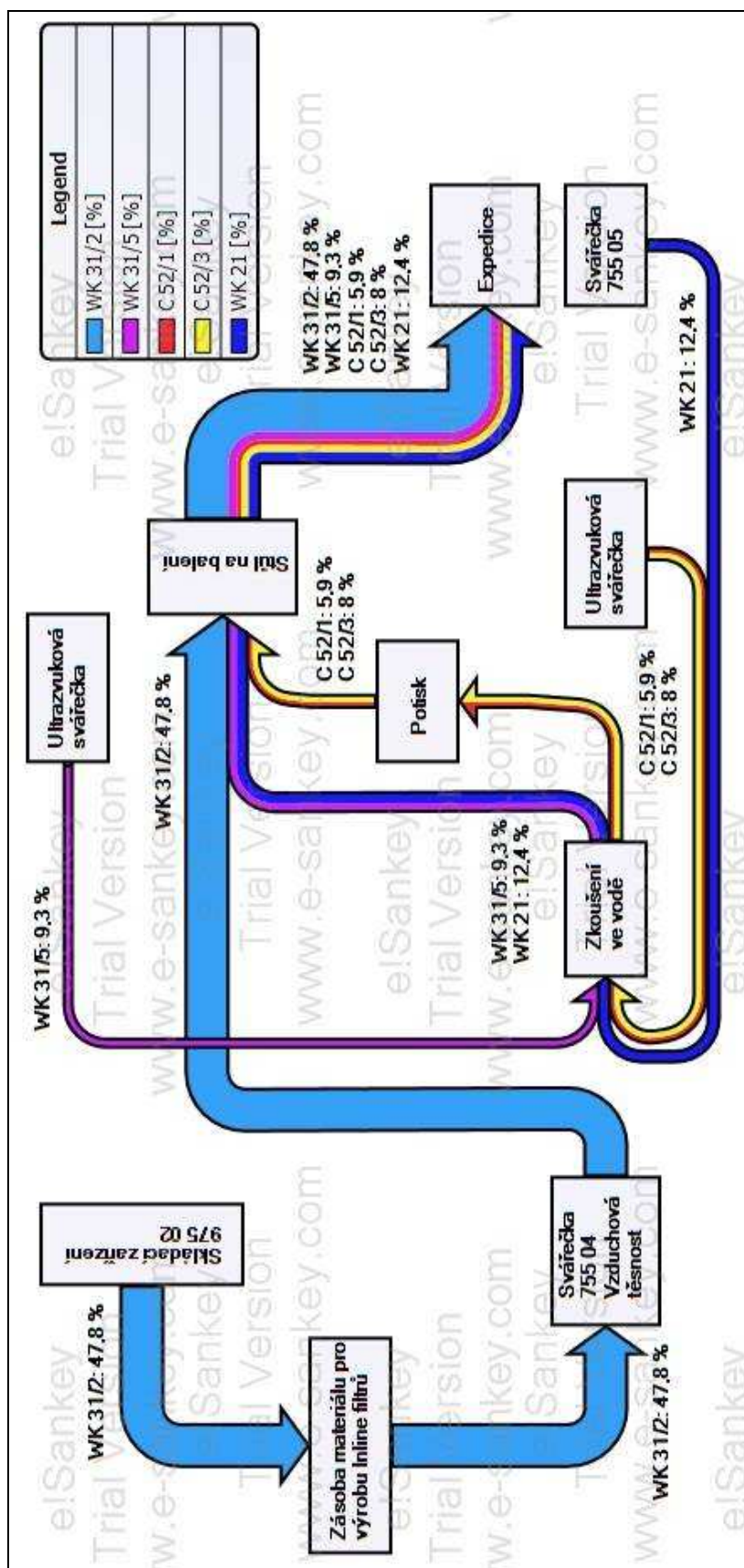
Na vybraném pracovišti se vyrábí mnoho druhů vzduchových a palivových filtrů. Technologie výroby a montáže popsaná výše upozorňuje na to, že není jednoduché naplánovat požadované výrobní množství a druh filtrů na jednu pracovní směnu při dodržení efektivnosti výroby. Jelikož portfolio výrobků je opravdu široké, bylo nutné vybrat hlavní představitele výroby, se kterými se dále pracovalo. Proto byl v kapitole 4 proveden výběr reprezentantů podle Paretovy analýzy. Následující obr. 2.17 zobrazuje portfolio výrobků vyráběných na optimalizovaném pracovišti. Tok materiálu stávající výroby INLINE filtrů je zobrazen v grafu 2.1.



Obr. 2.17 Portfolio vyráběných filtrů na pracovišti

2.2.3 Hodnocení nutnosti racionalizace

Na pracovišti se nachází mnoho KLT beden a gitterboxů s výrobky či potřebným materiálem, ať už se jedná o hotové výrobky čekající na balení, rozpracované filtry, zásoby materiálu, bedny s vratným obalem, odpadem apod. Vše zmíněné je pro nás takřka nežádoucí, a tak **snahou racionalizace je dosáhnout nulové či minimální rozpracovanosti výroby a vyrábět tedy v jednotlivých sériích či dávkách.**



Graf 2.1 Tok materiálu stávající výroby INLINE filtrů [v programu E!Sankey]

3. LITERÁRNÍ STUDIE

3.1 Problematika racionalizace

3.1.1 Podstata a cíle racionalizace

Podstatou racionalizace je neustálé zdokonalování výrobního systému. V zájmu zlepšování ekonomických výsledků i zvyšování konkurenceschopnosti systému by se podnikatelské subjekty měly snažit o neustálé zvyšování produktivity práce. V podstatě se jedná o to, aby se výrobní proces uskutečňoval na stále vyšší úrovni techniky, technologie, organizace práce, výroby i řízení. Spotřeba práce na jednotku výroby u nás stále zaostává při srovnání s úrovní jiných průmyslově vyspělých zemí. Je dosahováno nižší úrovně produktivity, neboť podniky pracují s nižší efektivností. Racionalizace v podniku by tedy měla být jedním z konkrétních opatření podnikového vedení vedoucí ke změně tohoto nevyhovujícího stavu. Základním stavebním kamenem je využití všech existujících rezerv a zároveň vyloučení plýtvání, které zvyšuje náklady výrobku nebo služby, aniž by zvyšovalo jejich hodnotu. Můžeme zde zařadit například komplikovanou přepravu, nadvýrobu, zbytečnou manipulaci, čekání na materiál, hledání nástrojů, poruchy atd. Racionalizace směřuje k rentabilitě a hospodárnosti. Ve všech případech je podložena ekonomickou kalkulací a důležitým rysem je její praktické zaměření. Racionalizace je tedy nástrojem nejen dalšího rozvoje poznávání, nýbrž nástrojem k ověření a aplikování všech praktických změn. ^[13]

Cílem racionalizace je maximální zvýšení produktivity práce za minimálních investic. Hranice dosaženého zvýšení produktivity práce jsou jen těžko stanovitelné, jedná se totiž o proces neustálého zlepšování.



Obr. 3.1 Cíl racionalizace v podniku ^{podle[13]}

Již dříve zmíněná korektivní racionalizace analyzuje, navrhuje a zdokonaluje změny v organizačním uspořádání pracovního procesu, zahrnuje změny technického charakteru menšího rozsahu a promítání těchto změn do norem spotřeby práce. Mezi předměty **korektivní** racionalizace patří: ^[13]

- Racionalizace počtu pracovníků
- Uspořádání pracovišť
- Racionalizace materiálových toků
- Racionalizace pracovních postupů
- Racionalizace norem spotřeb

3.1.2 Základní nástroje racionalizace

- Optimalizace provádění pracovních operací
- Ergonomie pracoviště - uspořádání a vybavení pracoviště
- Technické úpravy pracovišť - přípravky, držáky, mechanismy
- Technologičnost konstrukce
- Uspořádání pracovišť

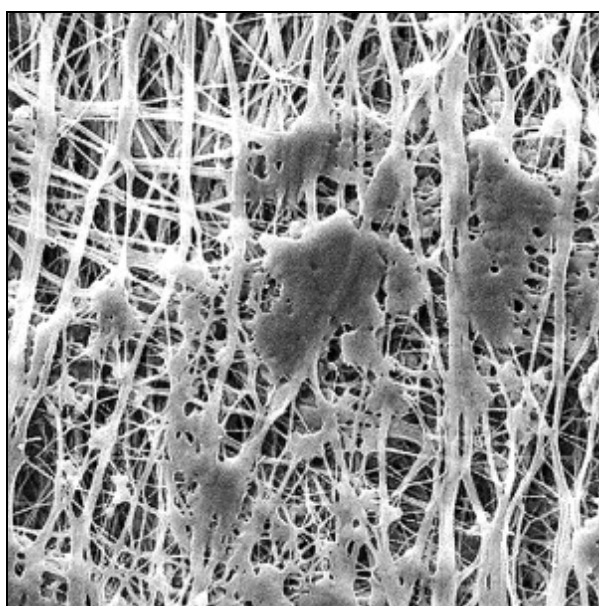
3.1.3 Základní postupy racionalizace

- Analýza pracovního systému
- Posouzení funkce současného pracovního systému
- Generování racionalizačních opatření
- Realizace opatření
- Vyhodnocení přínosů

3.2 Problematika vzduchových a palivových filtrů

3.2.1 Filtrace nečistot

Filtrační papír plní hlavní úlohu při filtraci nečistot. Filtrační papíry jsou speciální technické papíry, na které jsou kladeny vysoké požadavky především na kvalitu. Struktura vláken a pórů filtračního papíru, či filtrační schopnost jsou kritéria, která musí výrobce dle našich požadavků zajistit. Pravidelnost pórů totiž zajišťuje vysoké % odloučení nečistot při malém odporu protékajícímu vzduchu. Částičky nečistot jsou zachyceny již v tisícinách mm. Do spalovacího prostoru motoru se tak dostane pouze čistý nasávaný vzduch. Speciální prolisování filtračního papíru a zpevnění skladů rylováním, což je speciální mechanická úprava vrcholů skladů filtračních článků, garantuje velmi důležitý pravidelný odstup jednotlivých skladů papíru. Tím je zabezpečeno využití celé plochy filtračního papíru po celou dobu užívání filtru. Díky pravidelné geometrii skladů lze umístit do malého prostoru filtru velké množství papíru. Tím můžeme dosáhnout zachycení velkého množství nečistot, které mají vliv na životnost a správnou funkci motoru. Pouze dokonalá těsnost filtru zajišťuje bezproblémový chod motoru. Zaručení těsnosti filtrů je dosaženo dokonalým lepením papírových filtračních článků a použitím těsnění vyrobených v přesně stanovených profilech. [6]



Obr. 3.2 Zachycené nečistoty na filtračním papíru [2]

3.2.2 Vzduchová filtrace

Jeden z hlavních předpokladů k bezproblémovému chodu motoru je čistě nasávaný vzduch. Se vzduchem jsou však nasávány nečistoty, které pronikají až do spalovacího prostoru motoru, kde vytváří rýhy a dochází tak k předčasnému opotřebení motoru. Elektronické součásti jako např. vysoce citlivé senzory, které se nacházejí mezi sáním a spalovacím motorem, jsou vystaveny vysokému riziku poškození. Nynější filtrační média pro vzduchové filtry vykazují obzvláště vysokou mechanickou stabilitu. Z nasávaného vzduchu filtrují účinně a spolehlivě nečistoty, jakými jsou např. částice prachu, pylu, písku, saze a dokonce kapky vody. Umožňují tak optimální složení směsi vzduch - palivo zaručující stálý výkon motoru. Je dokázané, že užíváním kvalitních vzduchových filtrů s včasnými výměnami se sníží spotřeba pohonných hmot o 3 - 4 %.^[7]

Trendy ve vývoji elektronických součástí a nové technologie, na základě se zvyšujících požadavků na bezpečnost a pohodlí jízdy, včetně vývoje designu motorů, mají za následek požadavky na neustálou redukci prostoru. To znamená čím dál méně místa pro vzduchový filtr. Moderní systémy vzduchových filtrů proto musí odpovídat přísnějším podmínkám. Jsou vyvíjeny inovační vzduchové filtry, které jsou svým tvarem a funkcí přesně přizpůsobeny daným zástavbovým podmínkám. To znamená, že vzduchový filtr nemusí být vždy pravoúhlý. Pokud to okolnosti montáže vyžadují, jsou nabízeny alternativní tvary konstrukcí (lichoběžníkový, oválně kuželový filtr, atd.).^[8]

3.2.3 Palivová filtrace

Palivové filtry jsou vyráběny pro zachycení mikroskopických nečistot obsažených v benzínu, motorové naftě a jsou instalovány i do pohonů LPG, kde účinně chrání součásti palivového systému spalovacích motorů před rychlým opotřebením, neboť paliva obsahují nečistoty pocházející z výrobního a distribučního procesu. Prach, rez z vnitřních stěn nádrží, voda a v ní žijící mikroorganismy, to všechno jsou nežádoucí nečistoty, které mohou způsobit rychlé opotřebení vstřikovačů, čerpadel či ventilů regulátorů tlaku,

nacházejících se v motoru. Proto jsou do každého palivového systému instalovány filtry, které jsou vhodně přizpůsobené požadavkům motoru, kvalitě paliva a předpokládaným provozním podmínkám. Požadavky na filtry jsou velmi vysoké, neboť u moderních motorů se dokonce vyžaduje zachycování nečistot o řádovém rozměru $3\div 5\text{ }\mu\text{m}$ s účinností vyšší než 90%. Aby bylo možné těmto požadavkům vyhovět, je do palivového systému instalováno více kvalitních filtrů. ^{[1][9]}

Hlavní funkce palivových filtrů:

- optimální čištění paliva
- vyvarování se netěsností, které jinak mohou vést ke vznícení motoru
- prodloužená doba životnosti motoru
- bezporuchový chod motoru
- snížení spotřeby paliva a redukce výfukových plynů ^[5]

3.2.3.1 Vlastnosti filtračního materiálu

K filtraci paliva jsou využívány různé filtrační materiály. Výběr je uskutečňován podle účinnosti a schopnosti materiálu absorbovat nečistoty. K filtraci jsou používány speciální papíry na bázi celulózových vláken impregnovaných fenolovými nebo epoxidovými pryskyřicemi s přídavkem syntetických vláken. Díky vysoké náročnosti týkající se již zmíněné účinnosti a schopnosti absorpce nečistot jsou pro moderní motory navrženy syntetické a polosyntetické vícevrstvé materiály, které selektivně zachycují nečistoty. ^[1]

3.2.3.2 Typy palivových filtrů

Palivové filtry jsou k dostání na trhu ve dvojím základním provedení, které může být dále přizpůsobeno dnešním vysokým požadavkům zákazníka. Konstrukce palivových filtrů se může lišit z důvodu, zda jsou filtry užívány pro dieselové či benzínové motory. Současný stav trhu nabízí širokou škálu jednotlivých typů filtrů v různém konstrukčním provedení pro splnění vysokých požadavků dnešní společnosti. Proto jsou výrobci vyvíjeny stále nové technologie výroby filtračních jednotek, nejen aby konkurovali jiným výrobcům, ale hlavně, aby se přizpůsobili pokroku vývoje této doby. ^[5]

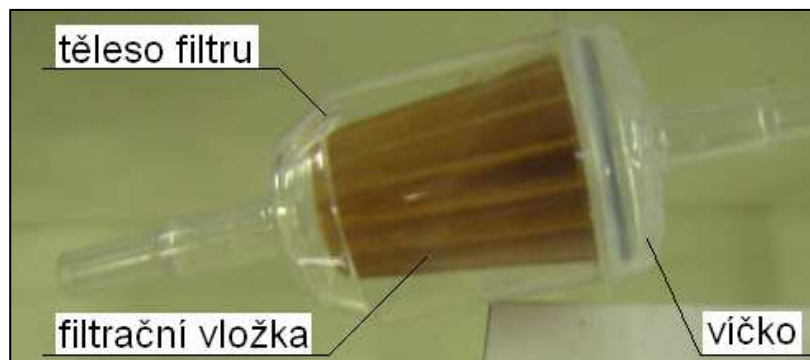
Vyskytují se následující dva základní typy palivových filtrů:

- IN-LINE filtry
- Kazetové filtry

a) IN-LINE filtry

IN-LINE palivové filtry jsou hojně využívány v palivových systémech zejména u benzínových karburátorových a vstřikovacích motorů, ve kterých jsou montovány na palivovém přívodu pomocí rychlospojek, šroubových zátek nebo utahovacích pásek. Filtry tohoto typu obsahují filtrační vložku s papírovou přepážkou se záhyby nebo vložku navíjecí, jež je vyrobena ze speciálního filtračního materiálu o poměrně malé tloušťce. Vyznačuje se velkou účinností filtrace, ale má však omezenou absorpci. Z tohoto důvodu musí být povrch filtrační přepážky u filtrů tohoto typu mnohem větší než u filtrů s přepážkou se záhyby.^[1]

Vložky do palivových filtrů, které jsou uloženy v rozebíratelných pláštích, jsou všeobecně používány pro filtraci paliva ve velkých motorech (především u nákladních automobilů a těžkých strojů). Výměnné vložky palivových filtrů jsou stále častěji vidány v moderních motorech ve verzi EKO (bez kovových částí) určených především pro osobní automobily, odkud vytlačují kazetové filtry. Tento trend je způsoben různými pohledy na životní prostředí, které nutí výrobce k maximálnímu usnadnění procesu zpracování filtrů po jejich opotřebení. Výměna vložek je úkonem, jenž vyžaduje jistou zkušenost, neboť tu hrozí riziko vypadnutí nečistoty do palivového systému při nedostatečné pozornosti, poněvadž nečistota může zůstat na vnitřních stěnách a v zákoutích pláště.^[1]



Obr. 3.3 IN-LINE filtr

b) Kazetové filtry

Kazetové papírové filtry jsou používány jako filtry pro důkladné čištění paliva anebo jako vstupní filtry v soustavách s vícestupňovou filtrací. Tento typ filtru se vyznačuje svým typickým kohoutkem na vypouštění vody, která se v palivu sice nerozpouští, ale vyskytuje se v podobě kapek nebo emulze a urychluje proces koroze kovových součástí palivového systému. Voda se z paliva odstraňuje pomocí jevu sedimentace (gravitačního klesání kapek vody v usazovací nádrži) a koalescence, neboli vylučování kapek vody během průtoku paliva filtrační přepážkou. ^{[1] [5]}



Obr. 3.4 Kazetový filtr ^[1]

3.3 Problematika technologického projektování

3.3.1 Rozborové metody

K vyhodnocování jednotlivých oblastí rozborů existuje celá řada rozborových metod, které svým zaměřením poměrně s vysokou přesností a vypovídací schopností specifikují danou rozborovou oblast. Nezkušeným projektantům může činit výběr konkrétní metody jisté potíže, neboť volba metody a její použití je závislá na řadě vlivů a o jejím použití rozhoduje i okruh problematiky, druh a kvalita rozborového systému, závaznost a kvalita prvotních informací atd. Mezi cílem projektu, informacemi, použitou metodou rozboru a způsobem shromažďování a získávání informací existují určité vztahy a proto konkrétní cíl si vždy vyžaduje použití určitých metod rozboru a těm pak dále odpovídají příslušné metody sběru informací. Vzhledem k rozsáhlé oblasti pojednávající o konkrétních rozborových metodách je dále uvedeno pouze pro orientaci, které metody rozborů jsou v projektové praxi využívány: ^[14]

a) metody studia práce:

- studie uspořádání pracoviště
- studie pracovních operací pomocí mikroelementů
- časové a pohybové studie (Motion study)
- studie rozmístění výrobního zařízení a toku materiálu

b) metody studia technologického procesu:

- inženýrská měření a výpočty
- různé laboratorní metody
- látkové a energetické bilance

c) matematické metody:

- statistické metody
- metody operační analýzy (lineární programování)

- matematická simulace výrobních procesů

d) grafické a grafoanalytické metody

e) metody hodnotové analýzy:

f) metody humanizace práce:

- sociologické a psychologické průzkumy
- hygienické a fyziologické měření
- různé pracovní testy a rozborů
- různé druhy ergonomických testů a rozborů

K provádění výše uvedených metod rozborů jsou využívány nejrůznější druhy pomůcek, jako jsou stopky, fotoaparáty, kamerové systémy, počítače, různé měřicí přístroje, apod. ^[14]

Vzhledem k názorným a nejlépe vypovídajícím prostředkům rozborů a hodnocení byly blíže popsány grafické a grafoanalytické metody, jakožto nejvíce využívané metody rozborů.

3.3.1.1 Grafické a grafoanalytické prostředky rozborů a hodnocení

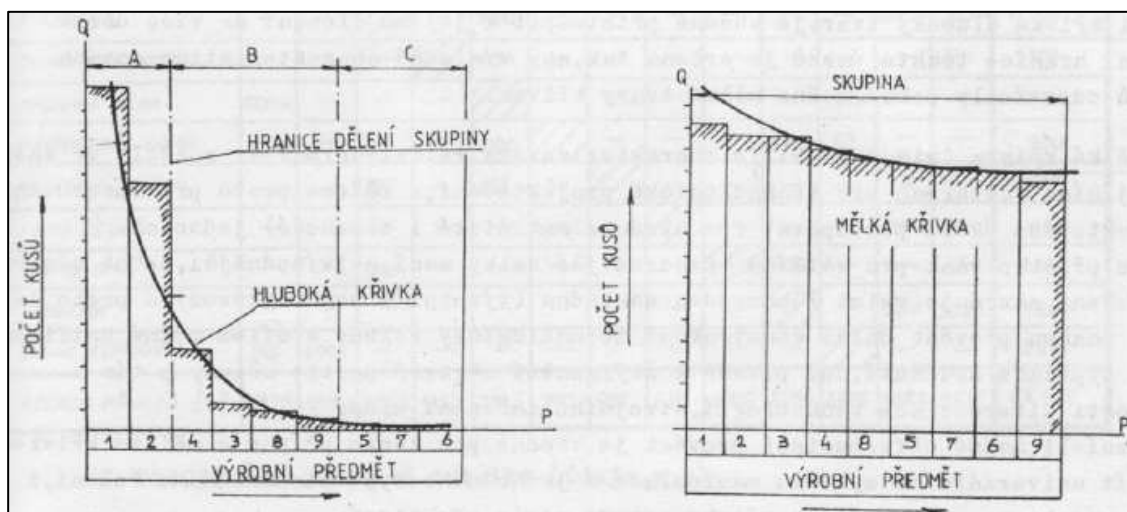
Analýza současného stavu výroby sehrává v předprojektové části velmi důležitou roli. Poskytuje projektantovi široký přehled o stávajícím výrobním programu, portfoliu výrobků, materiálovém toku, technologických a výrobních faktorech apod. Při zpracování rozborů nám také dovoluje proniknout i do oblasti výrobních a organizačních vztahů a zachytit důležité vlivy, které mohou hrát velmi důležitou roli při zpracování vlastních návrhů řešení. Vzhledem k velkému počtu informací, poznatků a zákonitostí výroby, se kterými se projektant v této fázi setkává, je důležitá archivace v podobě náskresů, záznamů, grafů a tabulek, které mají vysoce vypovídající schopnost. V projekční praxi se vyskytuje celá řada těchto grafických a grafoanalytických prostředků. Je nutné zdůraznit, že se nejedná pouze o pomůcky informativní, ale že tyto prostředky sehrávají velmi důležitou roli i v etapě vlastního zpracování návrhů řešení a často bývají přímo dokumentačním materiálem

projektu, ať již v části návrhu, výběru a posouzení optimální varianty, či v technicko-ekonomickém hodnocení. ^[14]

3.3.1.1.1 P-Q diagramy

Návrh výrobní technologie, otázky dispozičního řešení, toku materiálu apod. jsou značně ovlivňovány sériovostí a opakovatelností výroby. K zaznamenání sériovosti výroby jednotlivých skupin výrobků nebo typů součástí je proto vhodné využít tzv. P-Q diagramů (P-product, výrobek; Q-quantity, množství), které z různých hledisek dovolí posoudit tuto oblast. ^[14]

V podstatě můžeme obdržet dva druhy P-Q diagramů (viz obr. 3.5) – diagram s hlubokou nebo mělkou křivkou:



Obr. 3.5 P-Q diagramy ^[14]

Pro přehlednost a sestavení diagramů volíme raději absolutní vyjádření hodnot, než vyjádření procentuální. U hluboké křivky se vyskytují značné rozdíly mezi vyráběným množstvím jednotlivých výrobků, součástí, apod. To upozorňuje zejména:

- 1) na nutnost diferenciací při volbě výrobních metod a strojů, poněvadž křivka zachycuje na jedné straně (levá část) velká množství poměrně malého množství výrobků, zatímco pravá část zachycuje malá množství velkého počtu výrobků. Znamená to tedy, že na jedné straně se setkáváme s podmínkami, které by umožnily volit výrobní technologii a zařízení s vysokým stupněm specializace a koncentrace operací jako jsou výrobní

linky, na druhé straně však musíme vzhledem k dané sériovosti volit výrobní technologii a zařízení, jenž umožní pružné změny ve výrobě daného sortimentu (univerzální stroje, specializované stroje atd.).

- 2) dále na vyváženost mezi výrobním množstvím a sortimentem výrobků - tedy proporcionální vztahy mezi výrobním programem a výrobním profilem.

Výše uvedená vazba značně ovlivňuje metodiku zpracování technologického projektu zejména v otázkách:

- výběru představitelů výrobků
- volby technologie výroby (strojů, výrobních zařízení, vybavenosti apod.)
- koncepce výrobních struktur a jejich dispozičního řešení
- toku materiálu nebo toku vztahů jednotlivých prvků výrobního systému apod.

„P-Q diagramů lze využít i v souvislosti s jinými faktory, které ovlivňují koncepci technologického projektování: Tak např. vztah hmotnosti a sortimentu, tj. P-G diagram dává možnost poznat strukturu součástkové základny pro určení prostorové struktury výrobního procesu, návrh manipulačních toků a zařízení apod. nebo též pro určení struktury časové – tak např. v obr. 3.5 je možno ve skupině A zahrnout v tomto pojetí součásti materiálově, technologicky a časově náročné, skupina B je pak tvořena součástmi všeobecného charakteru s menšími nároky ve všech uvedených faktorech a skupina C může obsahovat normalizované, unifikované a typové součástky s minimálními nároky na materiál, technologii i čas. Má-li křivka hluboký tvar, je vhodné přistoupit k jejímu členění na více úseků. Dělicí hranice těchto úseků je určena tak, aby výsledné charakteristice nových úseků odpovídaly pokud možno mělké tvary křivek.

Mělká křivka (viz. Obr. 3.5) je charakterizována relativně malými rozdíly ve všech určujících faktorech pro technologické projektování, a můžeme proto při zpracování projektového úkolu postupovat (po stránce metodické i obsahové) jednotně. Tento přístup však pro větší a různorodější celky není nejvýhodnější, neboť následné řešení zahrnuje velmi různorodou základnu

(výrobní i součástkovou) a proto je naší snahou provést další konstrukčně technologický rozbor s cílem možné unifikace nebo typizace součástí, což povede k zvýraznění některé partie křivky a tím k možnosti diferenciaci technologií, strojního zařízení apod. Není-li možné diferenciaci provést je vhodné pro tento případ s mělkou křivkou použít univerzálního systému manipulace a jednotného typu dispozičního řešení, i když výroba na obou koncích křivky nebude zcela efektivní“.^[14, str. 60]

3.3.1.1.2 Šachovnicová tabulka

Tzv. šachovnicová tabulka (obr. 3.6), jenž znázorňuje přehled materiálové přepravy a výrobní přesuny, které se uskutečnily za určité časové období mezi jednotlivými pracovišti nebo mezi závodem a jeho okolím, také neodmyslitelně patří k prostředkům rozboru a modelování výrobního procesu.

| ŠACHOVNICOVÁ TABULKA | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|---|-----------------------|--------------|---------------------------|----------------------|----------|------------------------------|---------------------------|
| ZÁVOD..... | | SMĚNNOST 2,2 | | POČET SMĚN ZA ROK 528 | | | | | | | | | |
| ZPRACOVÁNÍ..... | | 240 PRAC. DNŮ / ROK | | KOEFCIENT 0,4 x 528 = | | 2112 (PRŮM. HMOTNOST PALETY x POČET SMĚN) | | | | | | | |
| Všechný materiál na paletách | | | | PRŮMĚRNÁ HMOTNOST PALETY q = 400 KG | | | | | | | | | |
| ZNAČENÍ DRUHŮ DOPRAV. MATERIÁLU | | NA PRACOVISTĚ | | | | | | | | | | | |
| 1 | POLOTOVARY | Rampa | Sklad materiálu | Výroba 1 | Výroba 2 | Výroba 3 | Kompletace 1 | Kompletace 2 | Sklad hot.výroby | Odpady | Expedice | ODESLANÉ MNOŽSTVÍ CELKEM [T] | POHYB MATERIÁLU VE VÝROBE |
| 2 | ROZPRAC. VÝROBA | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HOTOVÁ VÝROBA | | | | | | | | | | | | |
| 4 | ODPAD | | | | | | | | | | | | |
| Z PRACOVISTĚ | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | 3 4 5 |
| 1 | Rampa | 41,7 : 8000 2 : 60 | | | | | | | | | | 8 800 | |
| 2 | Sklad materiálu | | 14,2 : 3000 2 : 60 | 22,7 : 4000 2 : 80 | 4,73 : 1000 2 : 120 | | | | | | | 8 800 | 8800 |
| 3 | Výroba 1 | | | | | 12,784 : 2700 2 : 24 | | | | 1,42 : 300 4 : 48 | | 3000 | |
| 4 | Výroba 2 | | | | | 10,227 : 2100 2 : 24 | 10,2 : 2100 2 : 48 | | | 2,27 : 400 4 : 36 | | 4000 | |
| 5 | Výroba 3 | | | | | 4,26 : 900 2 : 24 | | | | 0,47 : 100 4 : 24 | | 1000 | 0 |
| 6 | Kompletace 1 | | | | | | | | 18,93929 : 4000 3 : 72 | | | 4000 | |
| 7 | Kompletace 2 | | | | | | | | 10,56061 : 3020 3 : 96 | | | 3920 | 0 |
| 8 | Sklad hot.výroby | Manipulace v hale se týká pouze bateriových vozíků | | | | | | | | | | | |
| 9 | Odpady | 4,17 : 800 2 : 144 | | | | | | | | | | 880 | |
| 10 | Expedice | | | | | | | | | | | 0 | |
| PRIJATÉ MNOŽSTVÍ CELKEM [T] | | 880 | 8 800 | 3 000 | 4 800 | 1 000 | 4860 | 3060 | 7 920 | 880 | 7 920 | 43 120 | 8 800 |
| ÚDAJE V POLÍČKU ZNAČÍ : POČET PALET ZA SMĚNU → 42 : 900 ← DOPRAVOVANÉ MNOŽSTVÍ V TUNÁCH ZA ROK | | | | | | | | | | | | | |
| DRUH DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU → 2 : 24 ← DOPRAVNÍ VZDÁLENOST V M | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 3.6 Ukázka šachovnicové tabulky^[12]

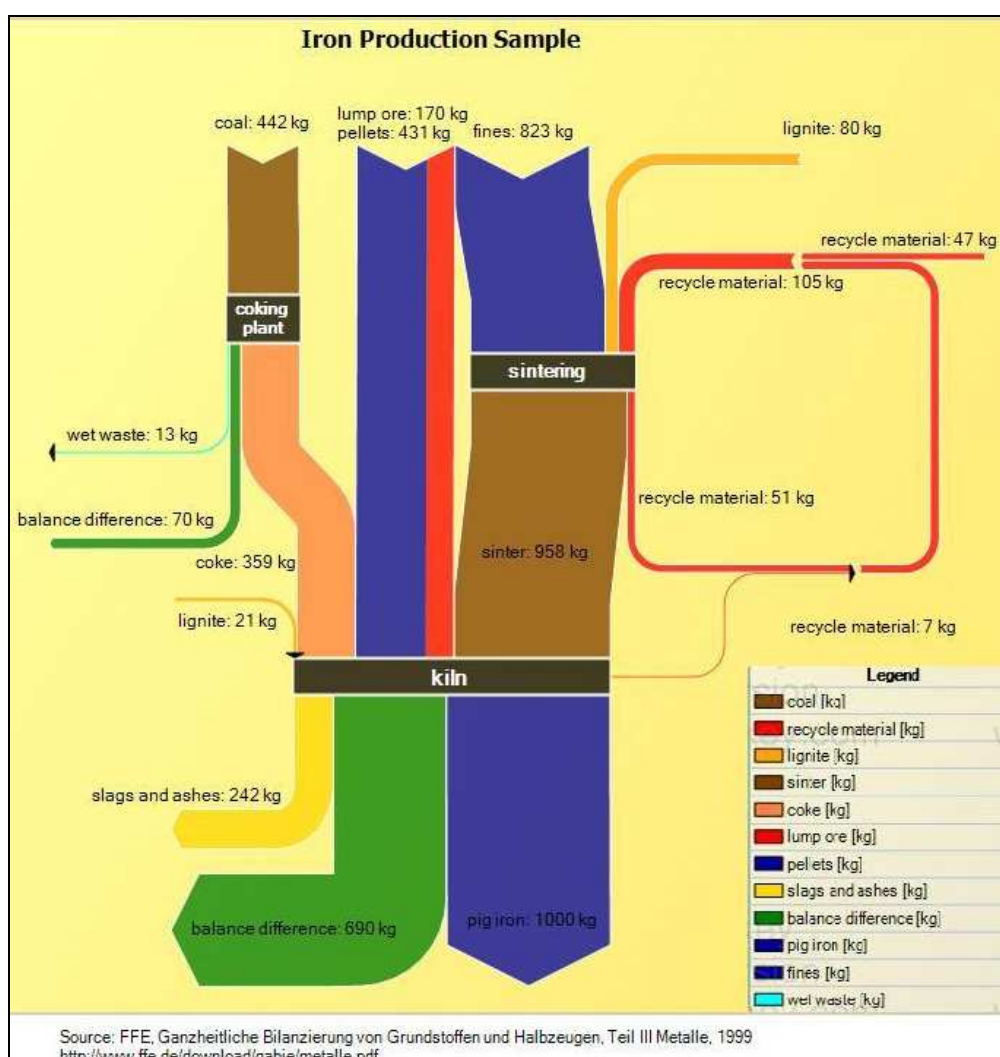
Dle etapy jejího použití do tabulky zanášíme nebo z ní naopak zjišťujeme objem toku, který je stanoven v tunách, kusech atd., eventuálně lze tabulku

doplnit údajem o množství, násobeným hmotností či objemem součástí pro každý přesun, chceme-li získat informace o relativních hodnotách přepravy.

Abychom získali pořadí důležitosti vztahů, je vhodné zpracovanou tabulku seřadit podle intenzity toku, počínaje největším a konče nejmenším tokem. Tabulka slouží též jako jeden ze základních vodítek při zpracování návrhů dispozičního řešení a vlastního rozmísťování strojů a výrobních zařízení. ^[14]

3.3.1.1.3 Sankeyův diagram

Intenzita toku materiálu po různých drahách nebo cestách je důležitou informací při řešení dispozice uspořádání celého výrobního procesu. Materiálový tok je třeba kvantifikovat jak v části zpracovávaného materiálu a výrobků, tak i v části odsunu odpadu (odstřížků, šrotu, třísek, apod.), poněvadž odpad stále ještě dle charakteru výroby dosahuje 20 - 40% hmotnosti zpracovávaného materiálu. Navíc manipulace s odpadem je většinou obtížná a nebezpečná, tudíž vyžaduje zcela odlišný způsob manipulace. Údaje o intenzitě toku materiálu je možno vyjadřovat číselným údajem (většinou udaným v t či ks) přímo ve schématu dopravních cest a pohybů materiálu vedle naznačené trasy materiálového toku, ale zdali nám to okolnosti dovolí a materiálový tok je homogenní, je možné jej v plné šíři vyjádřit v jednotkách hmotnosti, objemu nebo počtem kusů přehledně a názorně v tzv. Sankeyově diagramu (viz. Obr. 3.7). V diagramu je graficky znázorněn průběh materiálových toků v závodě nebo na pracovišti, kde tloušťka čar vyjadřuje objem manipulovaného materiálu za určitou časovou jednotku, délka čáry znázorňuje vzdálenost přepravy a šipka směr materiálového toku. K takto zpracovanému diagramu je nutno uvést legendu, která vyjadřuje, o jaký přepravovaný materiál se jedná a v jakých jednotkách je komplexní diagram zpracován. ^[14]



Obr. 3.7 Ukázka Sankeyova diagramu [4]

3.3.1.1.4 Pevnostní vazby a vztahy mezi pracovišti

„Tok materiálu, určený převážně výrobním postupem, je nutno již při zpracování rozboru současného stavu, ale hlavně před vytvářením dispozičního uspořádání doplnit ještě pohledem na vztahy a činnosti, které nejsou součástí toku materiálu. Jde zvláště o vztahy konkrétního pracoviště k pomocným a obslužným činnostem a potřebu jejich integrace s materiálovým tokem hlavní výroby nebo vzájemné vztahy a návaznosti mezi všemi pracovišti, přičemž je v mnoha případech nutno navíc také respektovat časovou návaznost všech činností. Jsou i výroby, kde materiálový tok, vzhledem k malé hmotnosti, má při tvorbě dispozice vedlejší význam nebo vyhraněný hmotný tok materiálu ani neexistuje (administrativní budovy,

údržbářské a opravárenské dílny atd.) a přesto mají tato pracoviště k některým jiným poměrně silné vztahy.

Zachycení těchto vzájemných vztahů a vazeb je vhodné provádět pomocí tabulky, v níž vyznačíme vzájemné vztahy a vazby s vyznačením síly (hodnoty) této vazby dle hodnocení, znázorněného v tab. 3.1. Z tabulky je patrné, že pro potřeby rozborů i zpracování návrhu projektu je možné použít u každé hodnoty vztahu jak označení v grafické podobě (příslušný počet čar nebo vlnovek), tak i označení přiřazeným písmenem nebo barvou. Pohledy na klasifikaci pevnostních vztahů mohou být různé. Nejčastější pohledy na rozlišení vztahů a vzájemných vazeb jsou samozřejmě výrobně – technologické, ale mohou to být i důvody hygienicko – zdravotní, sociální, apod.“ [14, str. 62, 63]

| Znak | Graf | Vazba | Barva |
|------|-------|---------------------------------------|----------|
| A | ===== | absolutně nutná | červená |
| E | ===== | eminentně nutná (nevyhnutelná) | žlutá |
| I | ===== | imperativní (důležitá) | zelená |
| O | ===== | obvyklá, běžná | modrá |
| U | | nevýznamná, nedůležitá (bez označení) | bezbarvé |
| X | ~~~~~ | nežádoucí | hnědá |
| XX | ~~~~~ | zakázaná | černá |

Tab. 3.1 Pevnosti vztahů a vazeb podle [14]

Mezi neméně důležité grafoanalytické metody rozboru a hodnocení patří bezesporu také křížová tabulka vztahů umožňující porovnat vazby „každého s každým“ a blokové schéma výroby, z něhož je patrná celková analýza výrobního postupu s tím, že v jednotlivých vertikálních rovinách jsou uváděny jednotlivé dílčí úrovně činností.

4. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY ŘEŠENÍ A NÁVRHY

RACIONALIZACE

4.1 Výběr reprezentantů

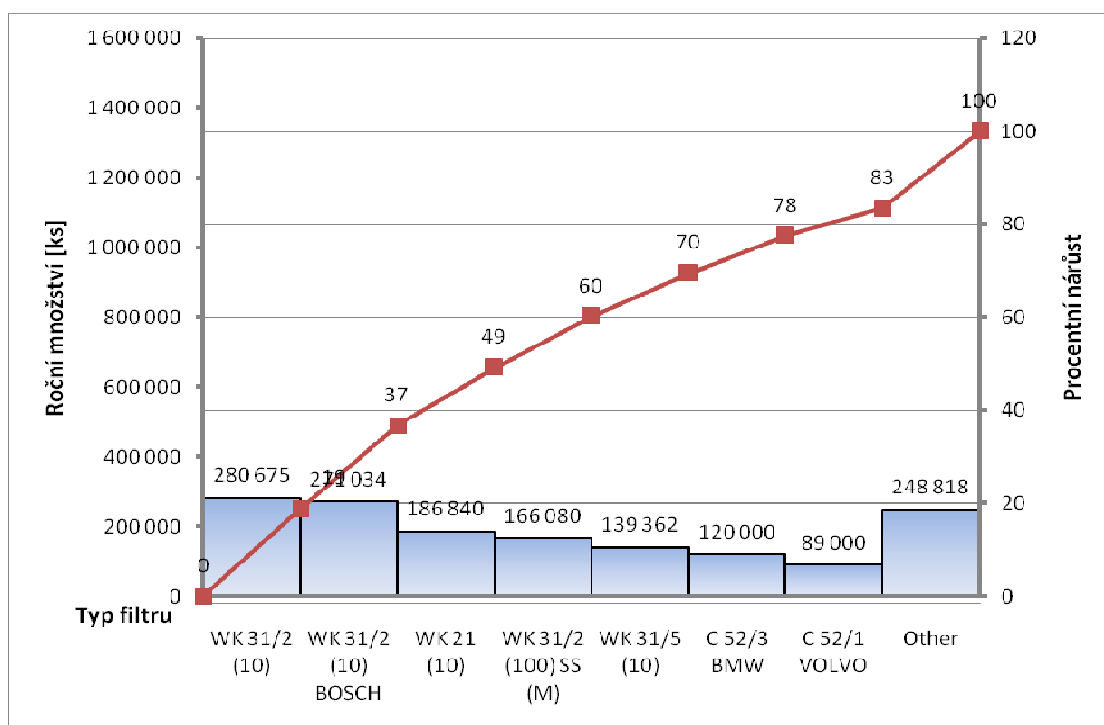
Jak již bylo řečeno dříve, na optimalizovaném pracovišti se vyrábí mnoho druhů filtrů. Tab. 4.1 zobrazuje přehled jednotlivých filtrů s ročním objemem

| Materiál | Název | Roční množství [ks] | % podíl | Roční množství nárůstem [ks] | % nárůstem |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|---------|------------------------------|------------|
| 6620059900 | WK 31/2 (10) | 280 675 | 18,69 | 280 675 | 18,69 |
| 6620059903 | WK 31/2 (10) BOSCH | 271 034 | 18,05 | 551 709 | 36,74 |
| 6210054910 | WK 21 (10) | 186 840 | 12,44 | 738 549 | 49,18 |
| 6620059942 | WK 31/2 (100) SS (M) | 166 080 | 11,06 | 904 629 | 60,24 |
| 6210055923 | WK 31/5 (10) | 139 362 | 9,28 | 1 043 991 | 69,52 |
| 4500258061 | C 52/3 BMW | 120 000 | 7,99 | 1 163 991 | 77,51 |
| 4500258040 | C 52/1 VOLVO | 89 000 | 5,93 | 1 252 991 | 83,44 |
| 6620059928 | WK 32 (10) | 45 672 | 3,04 | 1 298 663 | 86,48 |
| 4500258010 | C 52 WABCO | 45 000 | 3,00 | 1 343 663 | 89,48 |
| 9769053002 | WK 21 (10) (A) | 20 168 | 1,34 | 1 363 831 | 90,82 |
| 6620059935 | WK 32 (40) VW | 20 000 | 1,33 | 1 383 831 | 92,15 |
| 1039314S01 | C 52/1 VOLVO | 18 800 | 1,25 | 1 402 631 | 93,40 |
| 4500258020 | C 52 PORSCHE | 17 000 | 1,13 | 1 419 631 | 94,53 |
| 6620059904 | WK 31/2 (SB) BOSCH | 15 821 | 1,05 | 1 435 452 | 95,58 |
| 6210059916 | WK 31/11 (10) SS (M) DEERE AL67975 | 15 389 | 1,02 | 1 450 841 | 96,60 |
| 6620059933 | WK 32 (10) BOSCH | 9 198 | 0,61 | 1 460 039 | 97,21 |
| 6210054927 | WK 21 (10) KNECHT | 8 176 | 0,54 | 1 468 215 | 97,75 |
| 6210054928 | WK 21 (10) MAHLE | 6 132 | 0,41 | 1 474 347 | 98,16 |
| 9769053006 | WK 31/2 (100) (A) | 5 957 | 0,40 | 1 480 304 | 98,56 |
| 6620059931 | WK 32 (SB) BOSCH | 4 000 | 0,27 | 1 484 304 | 98,83 |
| 9769053004 | WK 31/2 (10) (A) | 3 777 | 0,25 | 1 488 081 | 99,08 |
| 9769053008 | WK 32 (10) (A) | 3 522 | 0,23 | 1 491 603 | 99,31 |
| 6210059928 | WK 31/11 (10) | 3 322 | 0,22 | 1 494 925 | 99,53 |
| 1050907S01 | C 52/1 RTT | 3 000 | 0,20 | 1 497 925 | 99,73 |
| 6730059931 | PREV.OLEJ.FILTR (OES) | 2 000 | 0,13 | 1 499 925 | 99,86 |
| 9769053010 | WK 31/5 (10) (A) | 1 000 | 0,07 | 1 500 925 | 99,93 |
| 6630059900 | WK 43/1 SS (M) | 476 | 0,03 | 1 501 401 | 99,96 |
| 4500258070 | C 52/1 | 208 | 0,01 | 1 501 609 | 99,97 |
| 3900006999 | LEITAPPARAT VST SE (M) | 100 | 0,01 | 1 501 709 | 99,98 |
| 6620059932 | WK 31/6 (25) FORD | 100 | 0,01 | 1 501 809 | 100,00 |
| Celkem | | 1 501 809 | | | |

Tab. 4.1 Přehled vyráběných typů filtrů na pracovišti

výroby a procentuálním podílem či nárůstem těchto filtrů k celkovému objemu výroby. Modrá čára zobrazuje místo, ve kterém je překročena 80% hranice objemu výroby a tudíž dosažena podmínka podle Paretovy analýzy. Paretova analýza je založena na vztahu mezi příčinami a jejich následky. Analýze se také říká pravidlo 80/20. Znamená to, že 20% příčin vyřeší až 80% ztrát.

Paretovu analýzu definoval italský ekonom Vilfredo Pareto. V roce 1897 přišel na to, že 80% bohatství země je v rukou 20% lidí. Pareto byl tvůrcem sociologického systému a věnoval se také teoriím tržní rovnováhy. Pokusil se definovat ekonomické optimum. Optima se mohlo dosáhnout, když funguje tržní mechanismus dokonalou konkurencí. V praxi to mělo znamenat, že žádná firma nebo jiný subjekt nemůže zvýšit svůj blahobyt tak, aby zároveň nesnížil blahobyt někoho jiného. ^[15]

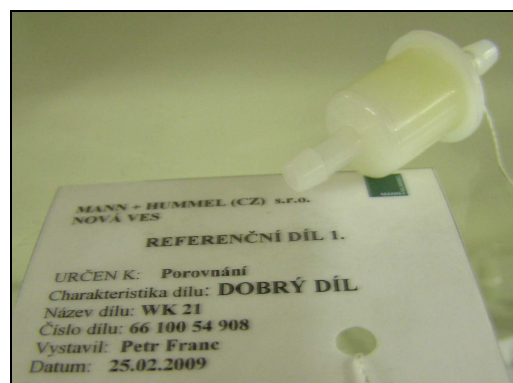


Graf 4.1 Diagram výroby INLINE filtrů podle Paretovy analýzy

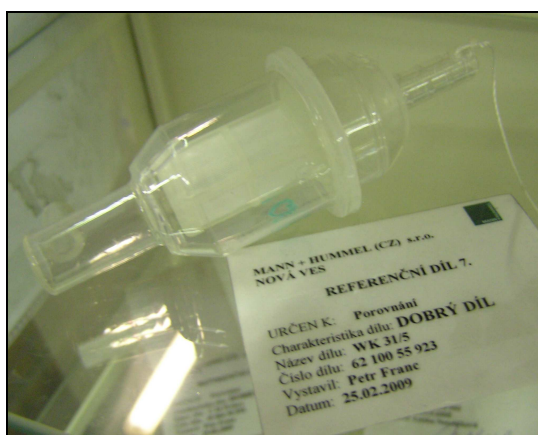
Podle provedené Paretovy analýzy se tedy budu dále věnovat pěti hlavním vyráběným typům INLINE filtrů, a to WK 31/2, WK 21, WK 31/5, C 52/3 BMW a C 52/1 VOLVO, zobrazených na následujících obrázcích.



Obr. 4.1 Filtr WK 31/2



Obr. 4.2 Filtr WK 21



Obr. 4.3 Filtr WK 31/5



Obr. 4.4 Filtr C 52/3BMW



Obr. 4.5 Filtr C 52/1VOLVO

4.2 Měření výrobních časů jednotlivých operací a jejich vyhodnocení

Abychom mohli minimalizovat danou rozpracovanost výroby na pracovišti, tudíž dosáhnout optimální směné výrobní dávky, bylo nutné změřit aktuální výrobní časy jednotlivých operací. Následující tab. 4.2 zobrazuje rozdělení časů dle REFA.

| | | | | | | |
|---------|-----------------|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Stroj | t _{eB} | | | | | |
| | t _{gB} | | | | t _{vB} | |
| | t _n | t _h | | t _n | t _{sB} | t _{pB} |
| | Nabíjení | Process Time - strojní čas | | Vybíjení | Ztráty do 20min | Osobní ztráty 2,4min/hod |
| Obsluha | Nabíjení | Měření | Čekání | Vybíjení | Ztráty do 20min | Osobní ztráty 2,4min/hod |
| | t _{tb} | t _{tb} | t _w | t _{tb} | t _s | t _p |
| | t _g | | | | t _v | |
| | t _e | | | | | |
| Výrobek | Příprava | Změna stavu | | Příprava | Ztráty | |

Tab. 4.2 Rozdělení časů dle REFA

Stroj:

- základní čas stroje t_{eB}
- čas cyklu stroje t_{gB}
- hlavní využití (pracuje) t_h – čas hlavního využití
- vedlejší využití (stojí nutně) t_n – čas vedlejšího využití
- čeká na člověka (stojí zbytečně) t_b – čas čekání na člověka
- celkový čas ztrátový stroje t_{vB}
- t_{sB}, t_{pB} – čas ztrátový (údržba)

Obsluha:

- pracuje fyzicky t_{tb} – čas využití ovlivnitelný
- pracuje mentálně t_{tu} – čas využití neovlivnitelný
- čeká na stroj t_w – čas čekání na stroj
- celkový čas ztrátový obsluhy t_v
- t_s – ztrátový čas věcný
- t_p – ztrátový čas personální
- t_g
- t_e

Naměřené časy byly průběžně zapisovány do předem připravené firemní karty MHCZ (viz obr. 4.6, 4.7) a poté vypočteny kapacitní možnosti jednotlivých výrobních operací na daném pracovišti. Z hlediska omezeného rozsahu diplomové práce uvedu názornou ukázkou karty a jejího výpočtu pouze např. na výrobní operaci zkoušení filtrů **WK 31/5** pod vodou. Všechny ostatní naměřené a vyhodnocené výrobní operace jsou uvedeny jako přílohy 4 - 21 diplomové práce.

4.2.1 Použité vzorce při výpočtu kapacitních možností výrobních operací

$$t_h = \frac{\sum t_i}{n} \cdot \frac{100}{8} = \frac{\sum 1,177 + 0,865 + 0,907 + 0,846 + 0,951 + 0,803 + 0,799 + 0,904}{8} \cdot \frac{100}{8} = \frac{725,2}{64} = 11,33 \text{ min}/100ks$$

$$t_{n3} = \frac{\sum t_i}{n} \cdot \frac{100}{64} = \frac{\sum 0,393 + 0,399}{2} \cdot \frac{100}{64} = \frac{79,2}{128} = 0,62 \text{ min}/100ks$$

$$t_{n6} = \frac{\sum t_i}{n} \cdot \frac{100}{500} = \frac{\sum 0,55}{1} \cdot \frac{100}{500} = \frac{55}{500} = 0,11 \text{ min}/100ks$$

$$t_n = \sum_{i=1}^{i=6} t_{ni} = \sum t_{n3} + t_{n6} = 0,62 + 0,11 = 0,73 \text{ min}/100ks$$

$$t_{gB} = t_h + t_n + t_b = 11,33 + 0,73 + 0 = 12,06 \text{ min}/100ks$$

$$t_{gB} = t_{tb} = 12,06 \text{ min}/100ks$$

$$t_g = t_{tb} + t_{tu} + t_w = 12,06 + 0 + 0 = 12,06 \text{ min}/100ks$$

$$t_s = t_g \cdot 2\% z_s = 12,06 \cdot 0,02 = 0,24 \text{ min}/100ks$$

$$t_p = t_g \cdot 4\% z_p = 12,06 \cdot 0,04 = 0,48 \text{ min}/100ks$$

$$t_e = t_g + t_s + t_p = 12,06 + 0,24 + 0,48 = 12,78 \text{ min}/100ks$$

$$E = 7,5 \text{ hod} = 450 \text{ min}/sm = 27000s / sm$$

$$t_{nepr.} = 20 \text{ min}$$

$$p_{ks} = \frac{E - t_{nepr.}}{t_e} \cdot 100 = \frac{450 - 20}{12,78} \cdot 100 = 3364,6ks / sm \approx 3364ks / sm$$

| MHCZ | | Vyhodnocení časů pracovníka a provozního prostředku | | | | | | | |
|----------------------------|--|---|--|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|--------|--|
| MHCZ/MMS ver. 2.3 | | Kód operace | SE-B-INL-TIME-Zkoušet_pod_vodou-6210055923(WK31-5(20s_po_8ks)-110119 | | | | | | |
| Česky | | Popis operace | Výkres | | | | | | |
| Kapacitní výpočet | | Zkoušet pod vodou | | | | | | | |
| 1 Počet zad. strojů | | | | | | | | | |
| | | Měřeno dne: | | | Neproduktivní časy směny | | 20 | | |
| | | Měřeno od - do | | | Fond prac. doby dne (8 hod. směna) | | 860 | | |
| | | Počet prac. dnů za rok | 253 | | Fond prac. doby dne (12 hod. směna) | | 1280 | | |
| | | Počet směn za den | 2 | | Formát zadanych časů (min, TMU) | | min | | |
| Úkon | Popis činnosti | Index | Čas X kusů 100 nebo 1 100 | Stroje th, tn | Kódy časů min/100 ks | Člověka ttb, ttu | sek/ks | min/ks | |
| 1 | Zkoušet pod vodou(založit, PT zkoušení, vyjmout) | 1 | 11,33 | th | 11,33 | ttb | 6,8 | 0,1 | |
| 2 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 3 | Vyjmout, založit sušení (bez víka) | 1 | 0,62 | tn | 0,62 | ttb | 0,4 | 0,0 | |
| 4 | PT sušení | | 2,57 | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 5 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 6 | Výměna bedny | 1 | 0,11 | tn | 0,11 | ttb | 0,1 | 0,0 | |
| 7 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 8 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 9 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 10 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 11 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 12 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 13 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 14 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 15 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 16 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 17 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 18 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 19 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| 20 | | | | | 0,00 | | 0,0 | 0,0 | |
| Vyhodnocení | | | | | | | | | |
| Doby provozního prostředku | | Data pro SAP + Kapacitní výpočet pracoviště | | | | Úkolový čas pracovníků | | | |
| | min/100ks | sec/ks | Provozní prostředek | 8 hodinová pracovní doba | Člověk | | min/100ks | sec/ks | |
| t_h | 11,33 | 6,80 | 3364 ks/sm | Kusů za směnu | 3364 ks/sm | t_{tb} | 12,06 | 7,24 | |
| t_n | 0,73 | 0,44 | 6727 ks/den | Kusů za den | 6728 ks/den | t_{tu} | 0,00 | 0,00 | |
| t_b | 0,00 | 0,00 | 0,0 pracovišť | Pracovišť na plán | 0,0 pracovišť | t_w | 0,00 | 0,00 | |
| t_{gB} | 12,06 | 7,24 | 0,0 Provozních prostředků | Nasazení na plán | 0,0 Pracovníků | t_g | 12,06 | 7,24 | |
| $\%Z_{vB}$ | 6,00 | | 1 361 545 ks/rok | Kapacita kusů za rok | 1 361 747 ks/rok | 2 | $\%Z_s \cdot t_g = t_s$ | 0,24 | |
| | | | Provozní prostředek | 12 hodinová pracovní doba | Člověk | 4 | $\%Z_p \cdot t_g = t_p$ | 0,48 | |
| t_{eB} | min/100ks | 12,78 | 5006 ks/sm | Kusů za směnu | 5007 ks/sm | t_e | min/100ks | 12,78 | |
| t_{BSAP} | hod/100ks | 0,2229 | 10013 ks/den | Kusů za den | 10013 ks/den | t_{SAP} | hod/100ks | 0,2229 | |
| | | | 0,0 pracovišť | Pracovišť na plán | 0,0 pracovišť | | Vyřízení pracovníka | 100% | |
| | | | 0,0 Provozních prostředků | Nasazení na plán | 0,0 Pracovníků | | Využití MA % | 100 | |
| Možnost | 1,00 | obsluhy | 2 026 631 ks/rok | Kapacita kusů za rok | 2 026 631 ks/rok | | Roční kapacitní využití % | 80 | |
| Oddělení | Datum | Doba platnosti | Sestavil | Přezkoušel | Počet listů | List č. | | | |
| SE/TP | 19.01.2011 | | Buďa(Vytiska) | | | 1 | | | |

Obr. 4.6 Vyhodnocení časů pracovníka a provozního prostředku

| SE-B-INL-TIME-Zkoušet_pod_vodou-621005923(WK31-5(20s_po_8ks)-110119 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|----|---------------------|----------------|-------|
| Datum: 19.01.2011 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jednotky zadání | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| min | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Číslo | Úsek průběhu výroby a měřicí bod | Vztahné množství | Ovlivňující veličina, naměřená hodnota, třída | Z _j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Σ L/n | L | t |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ t _j /n | t _j | |
| 1 | Zkoušet pod vodou(založit, PT zkoušení, vyjmout) | 8 | Probíhá v překrytém čase úseku | mz | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 11,33 |
| | | | | L | 1,177 | 0,865 | 0,907 | 0,846 | 0,951 | 0,803 | 0,799 | 0,904 | | | 725,20 | 11,33 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 64,00 | | |
| 2 | | 1 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | t _j | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| 3 | Vyjmout, založit sušení (bez víka) | 64 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | 0,393 | 0,399 | | | | | | | | | 79,20 | 0,62 | 0,62 |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 123,00 | | |
| 4 | PT sušení | 64 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 2,57 |
| | | | probíhá 2x 0,831 + 0,815 | t _j | 1,646 | | | | | | | | | | 164,60 | 2,57 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 64,00 | | |
| 5 | | 1 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | t _j | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| 6 | Výměna bedny | 500 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| | | | | t _j | 0,55 | | | | | | | | | | 55,00 | 0,11 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 500,00 | | |
| 7 | | 1 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | t _j | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| 8 | | 1 | Probíhá v překrytém čase úseku | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | t _j | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | L | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | t _j | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |
| | | | | F | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | |

Obr. 4.7 Zobrazené úseky průběhu výrobní operace s naměřenými časy

4.3 Hodnocení naměřených časů výrobních operací

Všechny naměřené časy jednotlivých výrobních operací byly vyhodnoceny a následně zapsány do tab. 4.3, kde byly dále porovnány s hodnotami ze SAPU (firemní normy). Nutno podotknout, že typy filtrů byly měřeny podle plánované výroby, tudíž během mého třítydenního pobytu v podniku jsem měřil a vyhodnocoval časy veškerých výrobních operací, které v danou chvíli probíhaly na pracovišti. Z tabulky 4.3 je patrné, že výrobní možnosti daného pracoviště jsou převážně vyšší, než jaký je stávající stav.

| Typ filtru | Svařování (suchá větev) | | | | | Svařování ultrazvukem | | | | | Balení | | | | | |
|--------------|-------------------------|---------------|---------------------|-----------------------|--------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------|
| | Vypočtené ks/sm | Porovnání SAP | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | Rodina | Vypočtené ks/sm | Porovnání SAP | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | Rodina | Balící množství | Vypočtené ks/sm | Porovnání SAP | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | Rodina |
| C 30 LINDE | 6 445 | 6 000 | 3,86 | 6,83 | A | | | | | | | | | | | |
| C 52 PORSCHE | | | | | | 1 623 | 1 250 | 15,34 | 27,1 | B | 3 600 | 7 384 | 7 500 | 3,44 | 5,96 | B |
| C 52/1 VOLVO | | | | | | 1 562 | 1 350 | 15,95 | 28,18 | B | | | | | | |
| C 52/3 BMW | | | | | | 1 837 | 1 500 | 13,55 | 23,95 | B | 3 600 | 7 332 | 7 500 | 3,46 | 6,00 | B |
| FILTR ODVZD. | | | | | | 2 195 | 1 800 | 11,09 | 19,59 | | | | | | | |
| WK 21/2 MANN | | | | | | | 4500 | | | | 45 000 | 6 824 | 7 500 | 3,72 | 6,45 | |
| WK 31/2 MANN | | 6 000 | | | A | | | | | | 10 000 | 15 094 | 18 750 | 1,65 | 2,92 | |
| WK 31/2 MB | | | | | | | | | | | 4 800 | 7 192 | 5 000 | 3,38 | 5,98 | |
| WK 31/5 (10) | | | | | | | | | | | 5 600 | 5 128 | 6 500 | 4,95 | 8,58 | |
| WK 31/5 MANN | | | | | | 3 008 | 2 400 | 8,28 | 14,63 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Typ filtru | Zkouška pod vodou | | | | | Zkouška vzduchem (Automat) | | | | Potisk | | | | | | |
| | Vypočtené ks/sm | Porovnání SAP | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | Rodina | Vypočtené ks/sm | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | Rodina | Vypočtené ks/sm | Porovnání SAP | Čas t_s [sec /ks] | Čas t_e [min/100ks] | | | |
| C 30 LINDE | | | | | | 2 903 | 8,58 | 15,16 | A | | | | | | | |
| C 52 PORSCHE | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C 52/1 VOLVO | 1 927 | 1600 | 12,63 | 22,31 | | | | | | | | | | | | |
| C 52/3 BMW | 4 631 | 4200 | 5,26 | 9,29 | | | | | | 5 582 | xxx | 4,55 | 7,88 | | | |
| FILTR ODVZD. | 3 749 | 3200 | 6,49 | 11,47 | C | | | | | | | | | | | |
| WK 21/2 MANN | 4 302 | 3 800 | 5,66 | 10,00 | | | | | | | | | | | | |
| WK 31/2 MANN | | | | | | | | | A | | | | | | | |
| WK 31/2 MB | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WK 31/5 (10) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WK 31/5 MANN | 3 364 | 3 200 | 7,24 | 12,78 | C | | | | | | | | | | | |

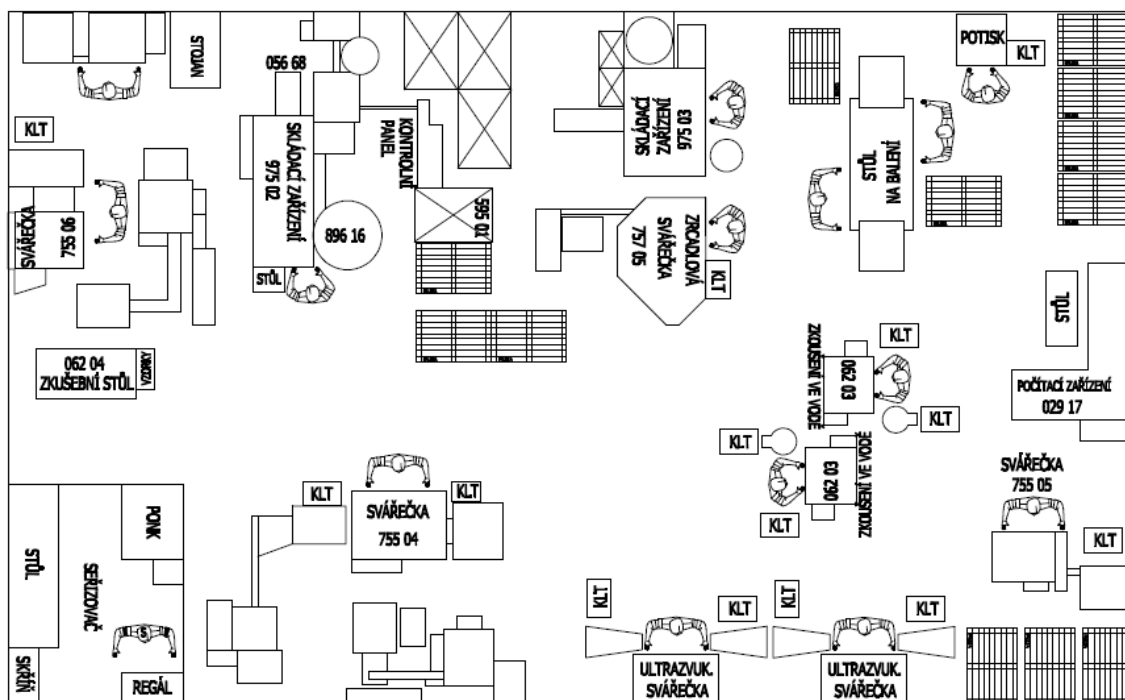
Tab. 4.3 Vyhodnocení kapacitních možností výrobních operací

Nevýhody:

- Relativně delší vzdálenost mezi skládacím zařízením 975 03 a zrcadlovou svářečkou (silná vazba – patrona WK 32)
- Nevhodné uspořádání (ultrazvukové svářečky daleko od sebe)
- Nepřehledný aktuální stav výroby

4.4.2 Variante B

Varianta byla navržena s ohledem na vhodné využití plochy při zachování vysokých požadavků na tok materiálů, nadbytečnou manipulaci, přehlednou výrobu a bezpečnost obsluhy. Tato varianta by zahrnovala pořízení druhého zařízení na zkoušení filtrů ve vodě a částečné odstranění tak úzkého a problematického místa výroby. Varianta B je zobrazena na obr. 4.9.



Obr. 4.9 Varianta B

Výhody:

- Vhodné uspořádání ultrazvukových svářeček
- Vazba skládacího zařízení a zrcadlové svářečky
- Možnost synchronního zkoušení filtrů ve vodě

- Stůl na balení situován v blízkosti stroje na zkoušení vzduchové těsnosti filtrů (součástí svářečky 755 04)
- Stroje a zařízení jsou rozmístěny podle předmětného uspořádání, které je dáno technologickým postupem
- Přehledný stav výroby a tok materiálu
- Možné další využití plochy získané vhodným rozmístěním strojů a příslušných zařízení

Nevýhody:

- Obtížnější manipulace a přestavení zrcadlové svářečky a skládacího zařízení z důvodu velikosti a staršího data výroby strojů

4.5 Výběr optimální varianty

Varianty byly srovnány podle váhového hodnocení, které má nejlépe vypovídající hodnotu oproti jiným metodám běžně používaných v průmyslové praxi.

4.5.1 Váhové hodnocení

Hodnocení bylo provedeno tak, že se stanovily kritéria a jejich váhy (stupně důležitosti), podle nichž byly vyhodnoceny jednotlivé varianty. Podle toho, jak varianty splňují daná kritéria, byly obodovány v rozsahu 1÷5 stejně jako hodnoty vah, čímž větší číslo znamená větší váhu. Za nejvýhodnější variantu projektového řešení byla zvolena ta, která obdržela nejvíce bodů. Výběr jednotlivých kritérií a jejich ohodnocení bylo zvoleno na základě diskuzí s technologií z MANN-HUMMELU.

Následující tab. 4.4 zobrazuje přehled jednotlivých kritérií, jejich označení, váhovou hodnotu a popis.

Celkový přehled jednotlivých variant, jejich váhové hodnocení příslušných kritérií a výpočet celkových bodů je znázorněn v tab. 4.5. Z tabulky je patrné, že jako nejvýhodnější řešení se jeví varianta C, které obdržela 66bodů z 80-ti možných.

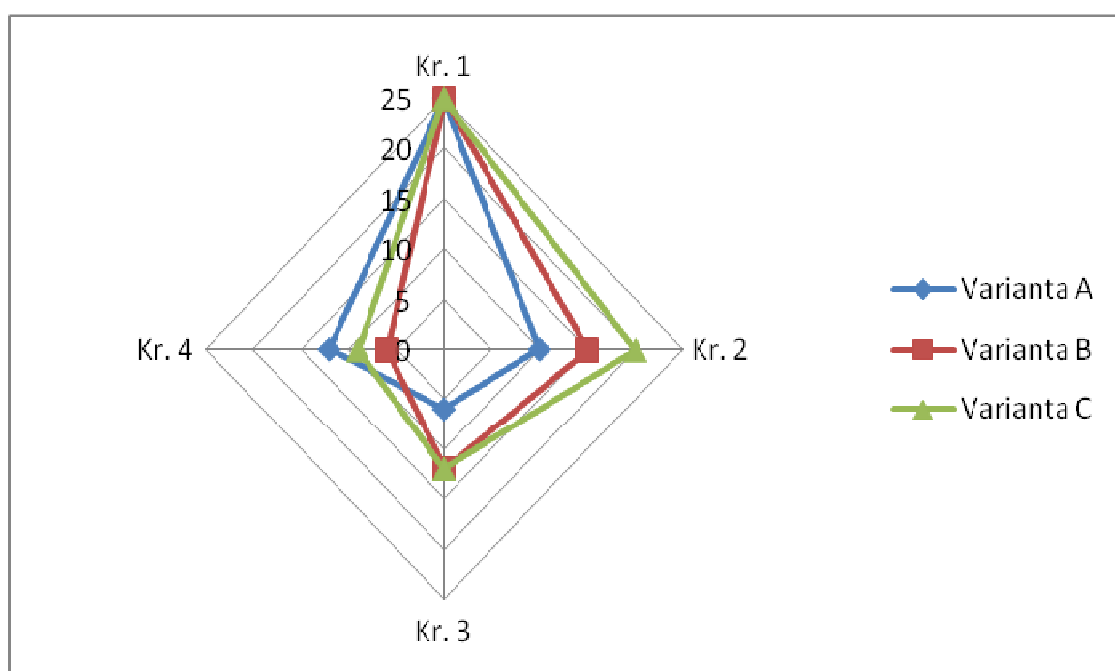
| Kritérium | | | |
|-----------|------|--|---|
| Označení | Váha | Název | Popis |
| Kr.1 | 5 | Bezpečnost obsluhy | Bezpečnost pracovníka na pracovišti je to nejdůležitější, na co bychom měli dbát při jakékoliv optimalizaci výroby |
| Kr.2 | 5 | Rozmístění strojů a zařízení | Vhodné uspořádání strojů a zařízení má za následek radikální zkrácení toku materiálu a průběžné doby výroby |
| Kr.3 | 3 | Přehlednost výroby | Přehled nad aktuálním stavem výroby nám umožňuje rychle korigovat vyráběné série či dávky s minimalizováním opomenutí nedokončených výrob |
| Kr. 4 | 3 | Nenáročnost realizace spojená s náklady na přesun (pořízení) strojů a zařízení | Přestavba na danou variantu projektového řešení v sobě zahrnuje nelehkou manipulaci s jednotlivými stroji a zařízeními |

Tab. 4.4 Přehled jednotlivých kritérií

| Kritérium | | Varianta A | | Kritérium | | Varianta B | | Kritérium | | Varianta C | |
|-------------|------|-------------------|------------|-------------|------|-------------------|------------|-------------|------|-------------------|------------|
| Ozn. | Váha | Naplnění kritéria | Počet bodů | Ozn. | Váha | Naplnění kritéria | Počet bodů | Ozn. | Váha | Naplnění kritéria | Počet bodů |
| Kr. 1 | 5 | 5 | 25 | Kr. 1 | 5 | 5 | 25 | Kr. 1 | 5 | 5 | 25 |
| Kr. 2 | 5 | 2 | 10 | Kr. 2 | 5 | 3 | 15 | Kr. 2 | 5 | 4 | 20 |
| Kr. 3 | 3 | 2 | 6 | Kr. 3 | 3 | 4 | 12 | Kr. 3 | 3 | 4 | 12 |
| Kr. 4 | 3 | 4 | 12 | Kr. 4 | 3 | 2 | 6 | Kr. 4 | 3 | 3 | 9 |
| Celkem bodů | | 53 | | Celkem bodů | | 58 | | Celkem bodů | | 66 | |

Tab. 4.5 Vyhodnocení nejvhodnější varianty

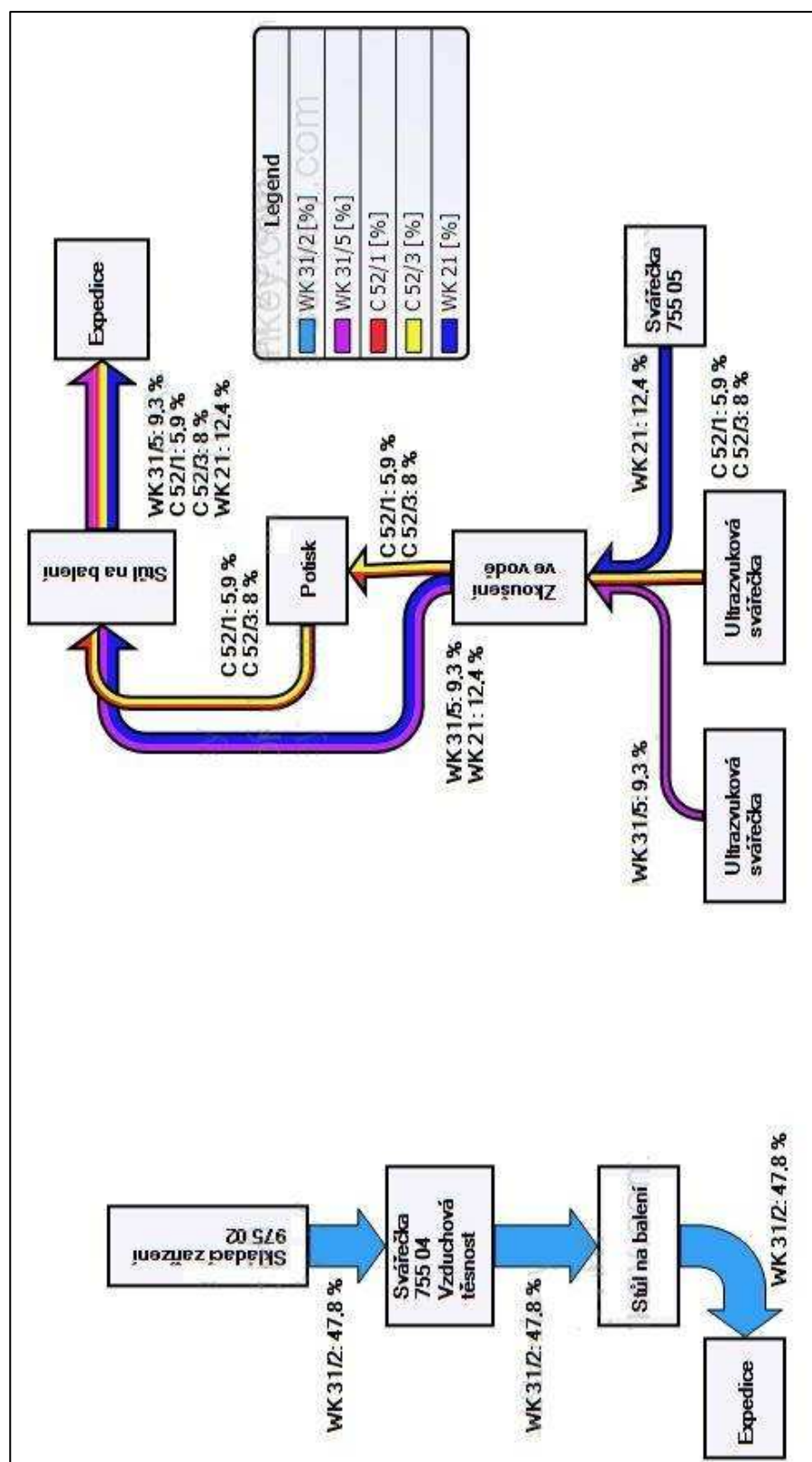
Všechna variantní řešení jsou přehledně znázorněna v grafu č. 4.2, který zobrazuje, jak jednotlivé varianty splňují daná kritéria. Z grafu je patrné, že teoretickým možnostem se nejbližše přibližuje varianta C, která tedy byla na základě kritérií zvolena jako nejvýhodnější.



Graf č. 4.2 Paprskový graf zahrnující všechny varianty projektového řešení

5. ROZPRACOVÁNÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY PROJEKTOVÉHO ŘEŠENÍ

Varianta C, která byla vybrána v kapitole 4 jako nejvýhodnější, byla dále detailněji rozpracována. Mimo jiné byl vytvořen tok materiálu INLINE filtrů pomocí Sankeyho diagramu, který je znázorněn v grafu č. 5.1. Z grafu je patrné, že oproti současnému stavu zobrazeného v kapitole 2 došlo ke zkrácení průběžné doby výroby filtrů, neboli navýšení kapacitních možností pracoviště, které je dáno předmětným uspořádáním strojů a zařízení, jenž má za následek zkrácení dráhy manipulace s rozpracovaným materiálem a efektivnější kontrolu nad výrobou. Nedílnou součástí této kapitoly je kapacitní propočet pracoviště. Po domluvě s vedoucím práce byl ovšem přesunut do následující kapitoly technicko-ekonomického zhodnocení. Výkres dispozičního řešení pracoviště vybrané varianty je uveden jako příloha 2 a nákres umístění pracoviště ve výrobní hale B se zobrazením cesty pohybu vysokozdvížných vozíků je pak uveden jako příloha 3 diplomové práce.



Graf č. 5.1 Tok materiálu varianty C výroby INLINE filtrů [v program E!Sankey]

6. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Optimalizace pracoviště byla provedena za stávajících podmínek, kdy nebyl změněn počet strojních zařízení či velikost výrobní plochy. Z tohoto důvodu nebylo možné posoudit racionalizaci pracoviště z hlediska ekonomického zhodnocení, neboť žádné stroje či zařízení nejsou potřebné k zakoupení. Jediným potřebným příslušenstvím, které je nutno obstarat, je další stůl na balení filtrů. Nutno však podotknout, že přestavba pracoviště by v sobě finance bezpodmínečně skrývala, neboť přívod vzduchu, vody či elektřiny k jednotlivým strojním zařízením je neméně důležitý jako demontáž, přesun a montáž některých zařízení (zrcadlová svářečka, skládací zařízení, ultrazvuková svářečka a zkoušení ve vodě).

6.1 Kapacitní propočet

Zpracování kapacitních výpočtů, pomocí kterých určíme stanovení strojního parku, stanovení ploch, kapacit pracovníků či celkové investiční náročnosti projektu, patří k velmi důležité části technologického projektu.

Kapacitní propočet byl použit pro optimalizaci výrobního programu, jehož výrobní profil již existuje a má dojít k jeho modernizaci. Z tohoto hlediska bylo hlavním cílem určit **počet pracovníků**, který je třeba pro roční objem výroby filtrů po úpravě kapacitních možností jednotlivých strojů a zařízení a stanovit velikosti výrobních dávek, které by vedly ke snížení celkové rozpracovanosti výroby.

Celkový souhrn všech kapacitních propočtů výroby filtrů je znázorněn v tab. 6.1. Tabulka je rozdělena podle filtrů, jejichž výroba se odehrává tzv. suchou či mokrou větví. Suchá větev znamená, že těsnost filtrů je zkoušena pomocí vzduchu (WK 31/2), kdežto u mokré větve je prováděna kontrola filtrů pomocí stroje na zkoušení ve vodě (WK 21, WK 31/5, C 52/1 VOLVO, C 52/3 BMW). Jako důležité informace tabulky, které vstoupily do výpočtu, byly hodnoty výrobních časů jednotlivých filtrů, jenž byly změřeny a vyhodnoceny pomocí firemních karet v kapitole 4.

| Dispoziční fond pracovníka na jednu směnu [s] | | | | | | | | | | 27 000 | | Číselnost dávek | | 3 | | Celkový roční objem výroby [ks] | | | | | | | | | | Váhp.přím SUCHÁ[s] | | Váhp.přím MOKRÁ[s] | | Využití zkoušení ultrazukového svařování[%] | | Využití zkoušení pod vodu[%] | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|--------------------|----------------------|--|---|-----------|---------|-----------|----------|--------|--------------------|---|--------------------|-------------------|------------------------|--|-------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|--|--|--|--|--------------------|--|--------------------|--|---|--|------------------------------|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 80% ročního objemu výroby [ks] | | | | | | | | | | 1 501 809 | | 15,75 | | 23,91 | | 39,4 | | 28,3 | | | | | | | | | |
| Označení filtru | Montážní verze | Expediční množství | Směrná exp. množství | Aktuální stav ks v přípravku na zkoušení ve vodě | Plánovaná úprava ks v přípravku na zkoušení ve vodě | Op1 Svař. | Op2 Zk. | Op3 Znač. | Op4 Bal. | Celkem | Posun mezi dávkami | Směrn. dávk. [ks] | Teoret. dávk. [ks] | Max. pracov. níků | Navrhovaná dávka 2[ks] | Navrhovaná dávka 1[ks] | Roční objem | Časová náročnost [s/rok] | Časová náročnost [s/rok] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK31/2 | | | | | 3,86 | 3,83 | | 3,60 | 11,29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6620059900 | 12 000 | 5,0 | | | 51 | 51 | 0 | 48 | 150 | 51 | 2 391 | 797 | 1 | 2400 | 800 | 280 675 | 3 168 821 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK31/2 | | | | | 3,86 | 3,83 | | 3,60 | 11,29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6620059903 | 7 800 | 3,3 | | | 51 | 51 | 0 | 48 | 150 | 51 | 2 391 | 797 | 2 | 4800 | 780 | 141 034 | 1 592 274 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK31/2 | | | | | 3,86 | 3,83 | | 3,60 | 11,29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6620059903 | 2 580 | 3,7 | | | 15 | 15 | 0 | 120 | 150 | 15 | 703 | 234 | 2 | 1400 | 258 | 130 000 | 4 990 700 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK31/2 | | | | | 3,86 | 3,83 | | 3,60 | 11,29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6620059942 | 10 000 | 3,5 | | | 62 | 62 | 0 | 26 | 150 | 62 | 2 891 | 964 | 1 | 2900 | 1000 | 166 080 | 1 551 187 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK21/(10) | | | | | 6,00 | 5,66 | | 3,72 | 15,38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6210054910 | 30 000 | 17,1 | 8,0 | 10,0 | 59 | 55 | 0 | 36 | 150 | 59 | 1 756 | 585 | 2 | 3400 | 600 | 186 840 | 2 873 599 | 12 796 659 | 1 121 040 | 1 057 514 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | WK31/5 | | | | | 8,28 | 7,24 | | 4,95 | 20,47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 6210055923 | 5 600 | 4,2 | 8,0 | 8,0 | 61 | 53 | 0 | 36 | 150 | 61 | 1 319 | 440 | 1 | 1300 | 430 | 139 362 | 2 852 740 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | C52/3 BMW | | | | | 13,55 | 5,26 | 4,55 | 3,46 | 26,82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | 4500258061 | 3 600 | 3,6 | 10,0 | 10,0 | 76 | 29 | 25 | 19 | 150 | 76 | 1 007 | 336 | 1 | 1000 | 330 | 120 000 | 3 218 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | C52/1 | | | | | 226 | 88 | 76 | 58 | 447 | 226 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Čas na plán. dávku [min] | VOLVO | 1 600 | 2,6 | 4,0 | 8,0 | 15,95 | 12,63 | 7,50 | 7,20 | 43,28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Výrobní čas [s] | 4500258040 | | | | | 55 | 44 | 26 | 25 | 150 | 55 | 624 | 208 | 1 | 620 | 200 | 89 000 | 3 851 920 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 165 | 131 | 78 | 74 | 447 | 165 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Počet pracovníků suché větve pro 80% objemu výroby | | | | | | | | | | 0,837 | | Počet pracovníků mokré větve pro 80% objemu výroby | | 0,948 | | Počet pracovníků pro 80% celkového objemu výroby | | | | | | | | | | 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Počet pracovníků suché větve pro celkový objem výroby | | | | | | | | | | 1,005 | | Počet pracovníků mokré větve pro celkový objem výroby | | 1,137 | | Počet pracovníků pro celkový objem výroby | | | | | | | | | | 2,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Potřebný počet pracovníků je 2,1 = 3 oproti stávajícím 4 pracovníkům

Tab. 6.1 Kapacitní propoččet pracoviště

Dále jsou uvedeny vzorce, pomocí kterých byl vypočten potřebný počet pracovníků pro výrobu ročního objemu filtrů na pracovišti. V tab. 6.1 byly

rovněž navržený dávky, ve kterých by mohla výroba filtrů probíhat. Vzorce jsou uvedeny na filtru typu **C52/3BMW**, jehož výroba se odehrává tzv. mokrou větví.

Dispoziční fond pracovníka na směnu: $E = 27000s / sm$

Směnnost (250dní/rok): $S = 2sm$

Roční objem: $V_{C52/3BMW} = 120000ks$

Expediční množství: $Exp_{mn} = 3600ks$

Četnost dávek: $\check{C}et_{dav} = 3$

Výrobní čas operace svařování: $t_{s\ var} = 13,55s / ks$

Výrobní čas operace zkoušení ve vodě: $t_{zk} = 5,26s / ks$

Výrobní čas operace značení: $t_{znač} = 4,55s / ks$

Výrobní čas operace balení: $t_{bal} = 3,46s / ks$

Celkový výrobní čas filtru:

$$t_{celk} = t_{s\ var} + t_{zk} + t_{znač} + t_{baü} = 13,55 + 5,26 + 4,55 + 3,46 = 26,82s / ks$$

Směnná dávka: $Sm_{dav} = \frac{E}{t_{celk}} = \frac{27000}{26,82} \cong 1007ks / sm$

Teoretická dávka: $Teo_{dav} = \frac{Sm_{dav}}{\check{C}et_{dav}} = \frac{1007}{3} \cong 336ks / sm$

Počet směn na expediční množství: $S_{exp\ mn} = \frac{Exp_{mn}}{Sm_{dav}} = \frac{3600}{1007} \cong 3,6sm$

Roční časová náročnost (C52/3BMW):

$$t_{C52/3BMW} = V_{C52/3BMW} \cdot t_{celk} = 120000 \cdot 26,82 = 3218400s / rok$$

Váhový průměr MOKRÁ větev:

$$Vah\ Pr\ um_{MOKRA} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{iMOKRA}}{\sum_{i=1}^4 V_{iMOKRA}} = \frac{\sum t_{WK\ 21} + t_{WK\ 31/5} + t_{C52/3BMW} + t_{C52/1VOLVO}}{\sum V_{WK\ 21} + V_{WK\ 31/5} + V_{C52/3BMW} + V_{C52/1VOLVO}} =$$

$$\frac{\sum 2873599 + 2852740 + 3218400 + 3851920}{\sum 186840 + 139362 + 120000 + 89000} = \frac{12796659}{535202} = 23,91s / ks$$

Váhový průměr SUCHÁ větev:

$$VahPrum_{SUCHA} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{iSUCHA}}{\sum_{i=1}^4 V_{iSUCHA}} = \frac{\sum t_{WK31/2} + t_{WK31/2} + t_{WK31/2} + t_{WK31/2}}{\sum V_{WK31/2} + V_{WK31/2} + V_{WK31/2} + V_{WK31/2}} =$$

$$\frac{\sum 3168821 + 1592274 + 4990700 + 1551187}{\sum 280675 + 141034 + 130000 + 166080} = \frac{11302982}{717789} = 15,75s / ks$$

Časová náročnost svařování (C52/3BMW):

$$t_{s\text{ var } C52/3BMW} = V_{C52/3BMW} \cdot t_{s\text{ var}} = 120000 \cdot 13,55 = 1626000s / rok$$

Celková časová náročnost ultrazvukového svařování:

$$t_{s\text{ var celk}} = \sum_{i=1}^4 t_{s\text{ var } i} = \sum t_{s\text{ var } WK21} + t_{s\text{ var } WK31/5} + t_{s\text{ var } C52/3BMW} + t_{s\text{ var } C52/1VOLVO} =$$

$$\sum 1121040 + 1153917 + 1626000 + 1419550 = 5320507s / rok$$

Využití ultrazvukového svařování:

$$Vyuz_{Ultra_{s\text{ var}}} = \frac{t_{s\text{ var}}}{E \cdot S \cdot 250} \cdot 100 = \frac{5320507}{27000 \cdot 2 \cdot 250} \cdot 100 = 39,4\%$$

Časová náročnost zkoušení pod vodou (C52/3BMW):

$$t_{zkC52/3BMW} = V_{C52/3BMW} \cdot t_{zk} = 120000 \cdot 5,26 = 631200s / rok$$

Celková časová náročnost zkoušení pod vodou:

$$t_{zkcelk} = \sum_{i=1}^4 t_{zki} = \sum t_{zkWK21} + t_{zkWK31/5} + t_{zkC52/3BMW} + t_{zkC52/1VOLVO} =$$

$$\sum 1057514 + 1008981 + 631200 + 1124070 = 3821765s / rok$$

Využití zkoušení pod vodou:

$$Vyuz_{zk} = \frac{t_{zk}}{E \cdot S \cdot 250} \cdot 100 = \frac{3821765}{27000 \cdot 2 \cdot 250} \cdot 100 = 28,3\%$$

Počet pracovníků suché větve pro 80% objem výroby:

$$D_{80jSUCHA} = \frac{VahPrum_{SUCHA} \cdot \sum_{i=1}^4 V_{iSUCHA}}{E \cdot S \cdot 250} = \frac{15,75 \cdot 717789}{27000 \cdot 2 \cdot 250} = 0,837 \text{ pracovníků}$$

Počet pracovníků mokré větve pro 80% objem výroby:

$$D_{80jMOKRA} = \frac{VahPrum_{MOKRA} \cdot \sum_{i=1}^4 V_{iMOKRA}}{E \cdot S \cdot 250} = \frac{23,91 \cdot 535202}{27000 \cdot 2 \cdot 250} = 0,948 \text{ pracovníků}$$

Celkový počet pracovníků pro 80% objem výroby:

$$D_{80j} = D_{80jSUCHA} + D_{80jMOKRA} = 0,837 + 0,948 = 1,785 \text{ pracovníků}$$

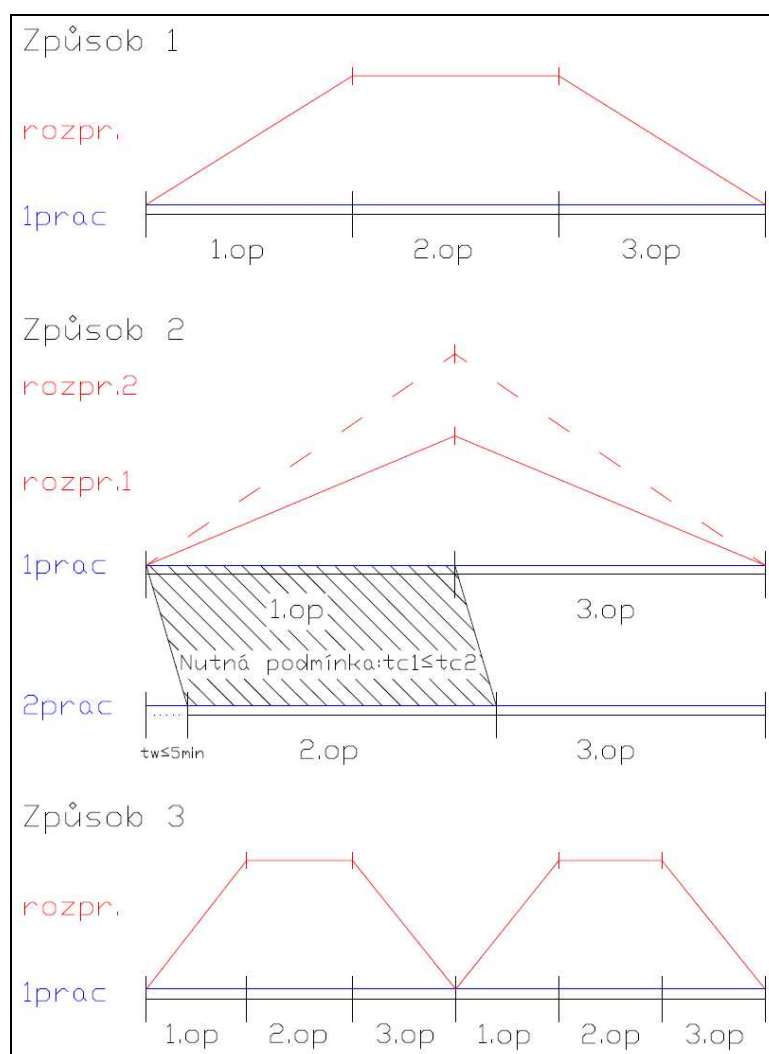
Celkový počet pracovníků pro 100% objem výroby:

$$D_j = D_{80j} \cdot 1,2 = 1,785 \cdot 1,2 \approx 2,1 \text{ pracovníků} \Rightarrow 3 \text{ pracovníci}$$

Z kapacitních propočtů plyne, že potřebný počet pracovníků pro roční objem výroby na pracovišti je **3** oproti stávajícím 4 pracovníkům.

6.2 Způsoby výrobních dávek

Výroba filtrů na optimalizovaném pracovišti je možná ve trojím provedení s navrhnutými dávkami. Jednotlivé způsoby výrobních dávek jsou přehledně zobrazeny na obr. 6.1.



Obr. 6.1 Dávkové výrobní varianty

Způsob 1 spočívá v tom, že jednomu pracovníkovi je přidělena jedna výrobní dávka, která jej doprovází po celou dobu pracovní směny od začátku až po operaci balení. Pro způsob 2 jsou potřeba dva pracovníci, kteří vykonávají jednu dávku v návaznosti na předchozí výrobní operaci. Nutnou podmínkou avšak je, že čas operace 1 musí být roven nebo menší, než čas, jaký je potřeba pro operaci 2, neboť by došlo k nevytíženosti pracovníka 2 a tedy k neefektivní výrobě filtrů. Způsob 3 je navržen pro výrobu v menších posobě jdoucích výrobních dávkách. Výhoda tohoto způsobu spočívá v tom, že nastane-li nutná změna výrobního programu, je možná takřka okamžitá reakce na danou výrobu.

7. ZÁVĚR

Společnost MANN+HUMMEL patří k největším výrobcům filtrů pro automobilový a strojní průmysl nejenom v České Republice. V rámci modernizace podniku bylo předmětem diplomové práce optimalizovat pracoviště pro výrobu vzduchových a palivových filtrů. Konkrétně se jednalo o minimalizování rozpracovanosti na pracovišti a stanovení tak optimálních výrobních sérií či dávek, které by zajistily kompletní zhotovení filtrů za jednu pracovní směnu.

Diplomová práce je složena z několika bodů. Po představení podniku je popsán současný stav výroby filtrů, dokumentovaný rozmístěním strojů a zařízení, dále zanalyzován výchozí sortiment a zhodnocena nutnost racionalizace daného pracoviště.

Další bod se týká literární studie, která je zaměřena na problematiku vlastní racionalizace, vzduchových a palivových filtrů a problematiku týkající se technologického projektování, která blíže specifikuje rozborové metody, které se hojně užívají v průmyslové praxi, kde zdárně pomáhají projektantům řešit různé úkoly jak v předprojektové, tak i v projektové části.

Na základě Paretovy analýzy byl dále proveden výběr představitelů výroby filtrů. Byly změřeny časy veškerých výrobních operací, jenž probíhaly na pracovišti během mého třítydenního pobytu v podniku. Následně byly časy vyhodnoceny pomocí firemních karet a tím zjištěny kapacitní možnosti pracoviště, které byly převážně vyšší, než jaký je stávající stav. Z hlediska úspory nadbytečné manipulace s materiálem, zefektivnění výroby a zpřehlednění toku materiálu, byly navrženy tři variantní návrhy racionalizace výroby. Optimální varianta byla vybrána pomocí váhového hodnocení, které má nejlépe vypovídající hodnotu oproti běžným metodám používaných v průmyslové praxi. Samotný konec práce tvoří kapacitní propočet pracovníků, kteří jsou potřeba pro roční objem výroby filtrů. Bylo zjištěno, že racionalizací pracoviště bude ušetřen jeden pracovník, jenž se dá využít na jiném pracovišti či výrobní hale. Z tohoto hlediska je možno tvrdit, že tato práce měla přínos nejenom pro mě samotného, neboť jsem měl možnost řešit zadaný úkol

z praxe, blíže se seznámit s výrobou a úskalím, které projektanta doprovází při podobných úkolech, ale i pro samotný podnik.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BAWEL [online]. b. r. [cit. 2011-05-17]. *Palivové filtry*. Dostupné z WWW: <<http://www.bawel.cz/distribuce-ferodo/nabidka-ferodo/filtry/palivove/>>.
2. CARLROTH [online]. b. r. [cit. 2011-02-10]. *Membrane filters*. Dostupné z WWW: <<http://www.carlroth.com/catalogue/catalogue.do?act=showBookmark&favOid=0000000000027b8a00020023&=en-com&market=COM>>.
3. DUKANE : *Technologie spojování plastů* [online]. b. r. [cit. 2011-02-23]. *Ultrazvukové svařování*. Dostupné z WWW: <<http://www.dukcorp.eu/cz/technologie/ultrazvukove-svarovani/>>.
4. E!SANKEY [online]. 2006 [cit. 2011-02-22]. *Sankey Diagram Samples*. Dostupné z WWW: <<http://www.esankey.com/en/features/samples/>>.
5. KOTÁSKOVÁ, Romana. *Analýza využitelnosti nanovláknenných filtrů v oblasti kapalinové filtrace pohonných hmot a olejů* [online]. Liberec, 2010. 75 s. Diplomová práce. Technická univerzita, Fakulta textilní. Dostupné z WWW: <<http://147.230.97.41/items/A-DP/dp2010/Kot%C3%A1skov%C3%A1.pdf>>.
6. MANN-HUMMEL [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-05-17]. *Filtrace*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mfcz/index.html?iKeys=29.6.605.2.6>>.
7. MANN-HUMMEL: *Vzduchová filtrace* [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-05-17]. *Vzduchové filtry*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mfcz/index.html?iKeys=29.6.609.2.6>>.
8. MANN-HUMMEL: *Vzduchová filtrace* [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-02-11]. *Části vzduchového filtru*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mfcz/index.html?iKeys=29.6.847.2.6>>.
9. MANN-HUMMEL: *Palivová filtrace* [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-02-12]. *Palivové filtry*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mfcz/index.html?iKeys=29.6.611.2.6>>.
10. MANN-HUMMEL [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-02-23]. *Společnost*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mhcz/index.html?iKeys=9.6.580.0.0>>.
11. MANN-HUMMEL: *Historie* [online]. b. m. : b. r. [cit. 2011-02-23]. *Historie podniku*. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mhcz/index.html?iKeys=9.6.581.0.0>>.

12. MARTAUS, Denis. *TEPOS : Logistika, Technické poradenství, Konzultace* [online]. Ostrava: 2003 [cit. 2011-02-22]. *Analýza stávajících kapacit*. Dostupné z WWW: <http://www.ovatepos.cz/image_analyza1.htm>.
13. NOVÁK, Josef; ŠLAMPOVÁ, Pavlína. *Racionalizace výroby: učební text* [online]. Ostrava: [s. n.], 2007 [cit. 2010-12-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>>.
14. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. Brno: VUT-FSI, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0385-3.
15. STŘELEC, Jiří. *Vlastní cesta* [online]. Brno: b. r. [cit. 2011-02-23]. *Paretova analýza*. Dostupné z WWW: <<http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-system-kvality/kvalita-system-kvality-metody/paretova-analyza/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Název |
|---------------------|-------------|---|
| $\check{C}et_{dav}$ | [dávka] | četnost dávek |
| D_j | [ks] | celkový počet pracovníků pro 100% objem výroby |
| D_{80j} | [ks] | celkový počet pracovníků pro 80% objem výroby |
| $D_{80jMOKRA}$ | [ks] | počet pracovníků mokré větve pro 80% objem výroby |
| $D_{80jSUCHA}$ | [ks] | počet pracovníků suché větve pro 80% objem výroby |
| E | [s] | dispoziční fond pracovníka na jednu směnu |
| Exp_{mn} | [ks] | expediční množství |
| p_{ks} | [ks] | počet vyrobených kusů za jednu směnu |
| S | [směna] | směnnost |
| S_{expmn} | [směna] | počet směn na expediční množství |
| Sm_{dav} | [ks] | směnná dávka |
| Teo_{dav} | [ks] | teoretická dávka |
| t_b | [min/100ks] | čas čekání stroje na člověka |
| t_{bal} | [s] | výrobní čas operace balení na jeden kus |
| $t_{C52/3BMW}$ | [s/rok] | roční časová náročnost filtru C52/3BMW |
| t_{celk} | [s] | celkový výrobní čas filtru |
| t_e | [min/100ks] | základní čas obsluhy |
| t_{eB} | [min/100ks] | základní čas stroje |
| t_g | [min/100ks] | čas cyklu obsluhy |
| t_{gB} | [min/100ks] | čas cyklu stroje |
| t_h | [min/100ks] | čas hlavního využití stroje |
| t_n | [min/100ks] | čas vedlejšího využití stroje |
| t_{nepr} | [min] | neproduktivní čas směny |
| t_p | [min/hod] | čas ztrátový personální |
| t_{pB} | [min/hod] | čas ztrátový stroje |
| t_s | [min] | čas ztrátový věcný |
| t_{sB} | [min] | čas ztrátový věcný stroje |
| t_{svar} | [s] | výrobní čas operace svařování na jeden kus |
| $t_{svarC52/3BMW}$ | [s/rok] | časová náročnost svařování filtru C52/3BMW |

| | | |
|-------------------------------------|-------------|---|
| t_{svarcelk} | [s/rok] | celková časová náročnost ultrazvukového svařování |
| t_{tb} | [min/100ks] | čas využití ovlivnitelný |
| t_{tu} | [min/100ks] | čas využití neovlivnitelný |
| t_v | [min] | celkový čas ztrátový obsluhy |
| t_{vB} | [min] | celkový čas ztrátový stroje |
| t_w | [min/100ks] | čas čekání obsluhy na stroj |
| $t_{\text{znač}}$ | [s] | výrobní čas operace značení na jeden kus |
| t_{zk} | [s] | výrobní čas operace zkoušení ve vodě na jeden kus |
| $t_{\text{zkC52/3BMW}}$ | [s/rok] | časová náročnost zkoušení pod vodou C52/3BMW |
| t_{zkcelk} | [s/rok] | celková časová náročnost zkoušení pod vodou |
| $V_{\text{ahPrum}}_{\text{MOKRA}}$ | [s/ks] | váhový průměr mokrá větev |
| $V_{\text{ahPrum}}_{\text{SUCHA}}$ | [s/ks] | váhový průměr suchá větev |
| $V_{\text{C52/3BMW}}$ | [ks] | roční objem filtrů C52/3BMW |
| $V_{\text{yuzUltra}}_{\text{svar}}$ | [%] | využití ultrazvukového svařování |
| V_{yuzzk} | [%] | využití zkoušení pod vodou |

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Výkres stávajícího uspořádání pracoviště
- Příloha 2 – Výkres dispozičního řešení pracoviště vybrané varianty
- Příloha 3 – Náskres umístění pracoviště ve výrobní hale B
- Příloha 4 – Vyhodnocení časů operace balení C52/PORSCHE
- Příloha 5 – Vyhodnocení časů operace balení C52/3
- Příloha 6 – Vyhodnocení časů operace balení WK21/2
- Příloha 7 – Vyhodnocení časů operace balení WK31/5
- Příloha 8 – Vyhodnocení časů operace balení WK31/2(baleno 10000ks)
- Příloha 9 – Vyhodnocení časů operace balení WK31/2(baleno 4800ks)
- Příloha 10 – Vyhodnocení časů operace potisk C52/3BMW
- Příloha 11 – Vyhodnocení časů operace svařování ultrazvukem C52 PORSCHE
- Příloha 12 – Vyhodnocení časů operace svařování ultrazvukem C52/3BMW
- Příloha 13 – Vyhodnocení časů operace svařování ultrazvukem C52/1VOLVO
- Příloha 14 – Vyhodnocení časů operace svařování ultrazvukem WK31/5
- Příloha 15 – Vyhodnocení časů operace svařování suchá větev C30 LINDE
- Příloha 16 – Vyhodnocení časů operace svařování FILTR ODVZD.
- Příloha 17 – Vyhodnocení časů operace zkoušet pod vodou FILTR ODVZD.
- Příloha 18 – Vyhodnocení časů operace zkoušet pod vodou C52/3BMW
- Příloha 19 – Vyhodnocení časů operace zkoušet pod vodou C52/1VOLVO
- Příloha 20 – Vyhodnocení časů operace zkoušet pod vodou WK21/2
- Příloha 21 – Vyhodnocení časů operace zkoušet vzduchem C30 LINDE